B811
9

研究生教材

辩证逻辑与科学方法论

潘宇鹏

西安交通大学出版社





《研究生教材》总序

研究生教育是我国高等教育的最高层次，是为国家培养高层次的人才。他们必须在本门学科中掌握坚实的基础理论和系统的专门知识，以及从事科学研究工作或担负专门技术工作的能力。这些要求具体体现在研究生的学位课程和学位论文中。

认真建设好研究生学位课程是研究生培养中的重要环节。为此，我们组织出版这套《研究生教材》，以满足当前研究生教学，主要是公共课和一批新型的学位课程的教学需要。教材作者都是多年从事研究生教学工作，有着丰富教学和科学研究经验的教师。

这套教材首先着眼于研究生未来工作和高技术发展的需要，充分反映国内外的最新学术动态，使研究生学习之后，能迅速接近当代科技发展的前沿，以适应“四化”建设的要求；其次，也注意到研究生公共课程和学位课程应有它最稳定、最基本的内容，是研究生掌握坚实的基础理论和系统的专门知识所必要的，因此在研究生教材中仍应强调突出重点，突出基本原理和基本内容，以保持学位课程的相对稳定性和系统性，内容有足够的深度，而且对本门课程有较大的覆盖面。

这套《研究生教材》虽然从选题、大纲、组织编写到编辑出版，都经过了认真的调查论证和细致的定稿工作，但毕竟是第一次编辑这样的高层次教材系列，水平和经验都感不足，缺点与错误在所难免。希望通过反复的教学实践，广泛听取校内外专家学者和使用者的意见，使其不断改进和完善。

西安交通大学研究生院

西安交通大学出版社

1986年12月

前　言

1982年为了给理工科的博士生开一门公共的马列主义理论课，编写了《辩证逻辑与科学方法论》的讲义，经过几年来的教学实践，将讲义修改成书稿出版。

所以采用辩证逻辑与科学方法论这个内容，除了对象已学过包括自然辩证法在内的所有马列主义理论课外，还考虑到下列三方面的理由：一、学点逻辑学是提高思维能力所必须经历的训练。逻辑学是名列前茅的基础理论科学，它在科学研究工作者的素养中所占的地位，已为全世界所公认。一个80年代的科技工作者必须认真学一点逻辑学，尤其是辩证逻辑。二、从辩证法、认识论、逻辑三者统一的基础上讲辩证逻辑的原理，讲辩证法在科学认识过程中的运用。这样能帮助读者掌握科学认识的思维规律。三、国外大学中有开设“逻辑学与科学方法论”课程的（如美国哈佛大学、斯坦福大学等），有设立“逻辑学与科学方法论”的研究机构的（如美国加利福尼亚大学伯克利分校，有由数学、哲学、电气工程、计算机科学、商业管理与经济学、语言学等方面21位教授组成的研究机构）。国际上从60年代起，每隔四年左右召开一次“逻辑学、方法论和自然科学哲学问题”的国际学术讨论会。苏联和东欧国家大学中从60年代以来也开设了“科学认识逻辑”等有关课程。

关于辩证逻辑，国内外尚无公认的体系，作者基于自己的认识并参考国内外学者的著作，认为建立辩证逻辑的第一步是将形式逻辑的成果加以辩证的理解和运用，第二步是探索和研究辩证逻辑所特有的思维形式、思维规律和逻辑方法，最后一步是实现

辩证逻辑的形式化与数学化。对这三步，作者都结合逻辑学发展史和科技发展史进行了阐述，企图将唯物辩证法和马克思主义认识论的观点溶融于科学技术开发研究的方法论中，而以逻辑学的形式表述出来。但由于作者水平的限制，不妥与谬误之处在所难免，尚请读者、尤其是同行不吝指正。

作　　者

1987年6月

目　录

第一章　绪　论……………………………………………（1）
第一节　逻辑学的研究对象及逻辑学简史……………（1）
一、逻辑学的研究对象………………………………（2）
二、辩证逻辑产生以前的逻辑学概况……………（5）
第二节　辩证逻辑是人类认识史、科学发展史的必然产物…………………………………………（13）
一、唯理论与经验论之争……………………………（14）
二、从行而上学复归到辩证法………………………（16）
三、辩证唯物主义的建立为辩证逻辑奠定了理论基础……………………………………………（21）
四、近代自然科学的发展对人类思维方法的影响………………………………………………（23）
第三节　辩证逻辑的研究对象和内容…………………（32）
一、辩证逻辑的对象、内容、特征…………………（32）
二、辩证逻辑和形式逻辑……………………………（34）
第四节　辩证逻辑是最一般的科学方法论……………（40）
一、任何逻辑学都是方法论…………………………（41）
二、学习辩证逻辑的意义……………………………（46）
第二章　思维规律与存在规律是一致的……………………（49）
第一节　马克思主义的思维观…………………………（49）
一、思维是物质高度发展的产物、是人脑的机能……………………………………………（49）
二、思维是存在的反映………………………………（51）

三、思维的特点……………………………………（52）
四、理性与悟性（知性）…………………………（55）
第二节　辩证逻辑的出发点是自然界和精神的
统一………………………………………………（60）
一、主观和客观的统一……………………………（60）
二、事物本身的规律与科学规律…………………（62）
第三节　辩证法、认识论、逻辑的统一……………（65）
一、两个三者统一…………………………………（66）
二、辩证逻辑与辩证法、论认论的区别和
联系………………………………………………（70）
第三章　辩证逻辑的思维形式……………………（73）
第一节　形式逻辑思维形式的作用和局限性………（74）
一、形式逻辑关于思维形式的论述………………（74）
二、形式逻辑思维形式在科学研究中的作用…（92）
三、形式逻辑的局限性……………………………（99）
第二节　形式逻辑思维形式的辩证运用……………（105）
一、思维是统一的人类思维………………………（105）
二、形式逻辑思维形式的辩证运用是建立辩
证逻辑体系的第一步……………………………（106）
三、概念的辩证运用及其科学方法论意义……（109）
四、判断的辩证运用及其科学方法论意义……（118）
五、推理的辩证运用及其科学方法论意义……（128）
第三节　辩证思维所特有的思维形式及其科学方
法论意义………………………………………（135）
一、近代科学的发展进一步证明存在有辩证思
维特有的思维形式………………………………（135）
二、范　畴…………………………………………（139）
1．逻辑范畴………………………………………（139）

2. 作为辩证思维形式的范畴………………（142）
3. 范畴的结构…………………………（144）
4. 范畴的科学方法论意义………………（147）
三、悖　论……………………………………（150）
1. 本体论悖论、语义悖论和数理逻辑悖论…………………………………（150）
2. 作为辩证思维形式的悖论………………（157）
3. 悖论的科学方法论意义………………（160）
四、理　论……………………………………（165）
1. 作为辩证思维形式的理论………………（165）
2. 假　说……………………………………（166）
3. 理论这种思维形式在认识科学发展规律中的作用…………………………（169）
4. 理论这种思维形式在创造工程中的作用…………………………………（175）
第四章　辩证逻辑的思维规律……………………（179）
第一节　辩证思维有其独有的规律………………（179）
第二节　对形式逻辑规律的辩证理解和运用………（182）
一、形式逻辑的基本规律………………………（182）
二、黑格尔和恩格斯对形式逻辑基本规律的评述和改造………………………………（186）
三、近代科学的发展要求冲破形式逻辑基本规律规定的范围…………………………（189）
四、辩证逻辑的规律是对形式逻辑规律的扬弃……………………………………（193）
第三节　思维形式与思维内容的对立统一…………（195）
一、思维形式与思维内容的关系………………（195）
二、思维形式与思维内容的对立统一是辩证

逻辑的思维规律……………………………(199)
第四节　否定之否定是辩证逻辑的基本规律………(205)
一、肯定和否定……………………………………(208)
二、否定之否定规律统帅认识的整个过程……(213)
三、否定之否定规律在科学研究中的作用……(218)
第五节　辩证逻辑的思维规则…………………………(222)
第五章　辩证逻辑的思维方法……………………………(223)
第一节　思维活动的纵向剖析和横向剖析…………(223)
第二节　归纳与演绎的统一……………………………(225)
一、演绎法及其方法论意义…………………………(226)
二、归纳法及其方法论意义…………………………(231)
三、归纳与演绎的统一…………………………………(242)
第三节　分析与综合的统一……………………………(251)
一、分析法及其方法论意义…………………………(252)
二、综合法及其方法论意义…………………………(259)
三、分析与综合的统一…………………………………(264)
第四节　抽象与具体的统一……………………………(268)
一、认识方法中的抽象和具体……………………(269)
二、从抽象上升到具体的逻辑方法………………(276)
三、抽象和具体相统一的方法论意义…………(280)
第五节　历史与逻辑的统一……………………………(281)
一、历史的认识方法和逻辑的认识方法………(283)
二、历史的方法与逻辑的方法的辩证关系……(284)
三、历史与逻辑相统一的方法论意义…………(288)
第六章　实践在辩证逻辑中的地位和作用………………(291)
第一节　人类对实践的认识……………………………(291)
一、什么是实践……………………………………(291)
二、马克思主义实践观的形成与发展…………(291)

三、科学实践……………………………………（300）
第二节　实践的范围和作用是随着人类的认识和科学的发展而发展的……………………（305）
第三节　实践的历史的检验与逻辑证明……………（309）
一、检验认识的真理性标准……………………（309）
二、逻辑证明的作用…………………………（311）
三、历史的实践是检验认识的真理性的标准…（315）
第七章　逻辑学和辩证逻辑的数学化与形式化…………（319）
第一节　逻辑学的数学化与形式化…………………（319）
一、逻辑学也有一个精确性的问题……………（319）
二、符号化的作用……………………………（322）
三、逻辑思维的形式化是实现人机对话的关键……………………………………（331）
第二节　逻辑学和数学………………………………（336）
一、逻辑就是计算……………………………（336）
二、数学与逻辑学的关系………………………（337）
三、形式逻辑与辩证逻辑的关系与常量数学与变量数学的关系相对应…………………（343）
第三节　数理逻辑为形式逻辑的数学化、形式化问题的解决开辟了道路……………………（351）
一、数理逻辑产生的历史背景…………………（351）
二、数理逻辑在实现逻辑学的形式化、数学化方面的作用…………………………………（364）
三、数理逻辑的方法论意义及其局限性………（382）
第四节　辩证逻辑的形式化、数学化问题…………（387）
一、关于“不协调逻辑”的研究………………（387）
二、从二值逻辑到多值逻辑……………………（390）
三、制约逻辑为逻辑学的数学化另辟蹊径……（392）

四、模糊逻辑为辩证逻辑的数学化、形式化
开辟了一条道路……………………………（393）
第五节 模糊逻辑……………………………………（400）
一、模糊数学与模糊逻辑的产生………………（400）
二、模糊逻辑的主要内容…………………………（405）
三、模糊语言和模糊文法…………………………（416）
四、模糊逻辑的应用………………………………（421）
五、模糊逻辑的发展前景…………………………（428）

第一章　绪　　论

第一节　逻辑学的研究对象及逻辑学简史

我国古代的“名辩之学”，相当于逻辑学，后来在翻译西方的逻辑学著作时又用过“名学”（正名之学）、“辨学”（论辩之学）、“逻辑学”(外文的音译)等名称。日本人译为“论理学”，旧中国的翻译界也有用这个名称的，孙中山先生曾建议把“论理学”改为理则学。

“逻辑”一词导源于希腊文λoγos，本意是思想、思维、理性和语言。人们日常用逻辑一词，有三种意思：（一）指事物发展的客观规律，如“事物的逻辑”、“中国革命的逻辑”；（二）指思维规律，如“作出合乎逻辑的结论”，“结论是合乎逻辑的”；（三）指关于思维形式及其规律的科学，即逻辑学，它是形式逻辑和辩证逻辑的总称，有时也专指形式逻辑。

亚里士多德（Aristotle，公元前384-322）在西方哲学史上第一个把思维作为研究的对象，特别探讨了逻辑问题。但是亚里士多德并没有将逻辑学作为一门独立的科学区分出来，更没有给它划定范围，下一个科学的定义。“逻辑”这个词在他的著作中也曾提及，但不是现代意义下的“逻辑”。最早将研究思维形式和规律的科学称之为“逻辑”的是罗马的文学家、政治家马加斯·西塞罗（Marcus Tullius Cicero，公元前106-43）。

学习和掌握逻辑学的目的有种种误解，如有人以为学习逻辑学能提高自己的辩论才能、能够口若悬河、纵横捭阖、舌战群儒；

有人认为掌握了逻辑学就能不犯思想言论的错误；甚至有人认为学习逻辑学能提高诡辩的本领，能够任意混淆是非，颠倒黑白。产生这种误解的最主要原因是不了解逻辑学的研究对象，并从而错误估计了逻辑学的作用。当然，逻辑学及其研究对象都有一个历史的发展、演变过程。

一、逻辑学的研究对象

逻辑学的对象是人的思维，逻辑学是研究思维形式（在没有将思维形式严格地形式化，而是或多或少与思维内容相联系地来研究思维形式，还不是严格的、逻辑学上的思维形式，有的学者称之为思维形态）、方法和规律的科学。

逻辑学所研究的是人们的思维所据以发展的各种规律和人们的思维内容及其历史发展中所采取的各种形式。在逻辑这一门科学中，对客观的思维规律和思维形式的解释是随着科学理论发展的水平不同，以及每个阶级为自己的利益而利用逻辑的意图不同而不同。逻辑学的“一些基本理论问题从来是唯物主义和唯心主义进行斗争的一个场所。它的发展既与辩论术和语法有关，也与当时的数学以及其他自然科学的发展(特别是科学方法论的发展)有关。”①

在古希腊，亚里士多德把逻辑学看作是关于获得科学知识和揭露谬误的方法的学说。以后斯多噶学派称逻辑学是辩论术的逻辑，是哲学的一部分，消遥学派则把逻辑作为工具。第一个扩大古希腊原来意义上的逻辑学范围的是1662年波尔·罗亚尔派的亚诺德(Antoine Arnauld, 1612-1694)和尼科尔(Pierre Nicole, 1625-1695)两人的著作«逻辑学或思维术»。它把中世纪以语言逻辑学为特征的逻辑学改变成以思维逻辑学为特征的逻辑学。以后也还有人用«思维术»、«思维术教本»的名字来称呼自己的逻辑著

作。1764 年瑞士数学家约翰·亨利希·兰贝尔（Johann Heinrich Lambert, 1728-1777）的《新工具论》就更大地超出了逻辑学范围。在这部著作中，语义学和认识论占了大量篇幅，并且第一次把推理学说作为思维规律的理论来详尽地加以叙述。欧洲文艺复兴以后，随着近代自然科学的发展，哲学家和自然科学家研究了归纳法和提出了新的思维规律，逻辑研究的内容就更加丰富，增加了以培根(Francis Bacon,1561-1626)和穆勒(John Staurt Mill, 1561-1626)为代表的以经验科学为基础的归纳逻辑。到 19 世纪，德国古典哲学的代表人物康德（Immanuel Kant, 1853-1926)第一个提出"形式逻辑"的名词，认为亚里士多德以来的逻辑学的任务是研究人类先天具有的思维的抽象形式及其间的关系，它可以完全离开思维的具体内容。从亚里士多德到康德，逻辑学（形式逻辑）是研究思维的结构形式及其间规律的科学，它的任务有三：第一，分析思维的逻辑形式，亦即思维的结构形式，思维的各部分具体内容赖以相互联系的形式；第二，考察逻辑形式间所服从的逻辑规律；第三，研究人们认识现实所使用的逻辑方法。所谓"合乎逻辑"或者"不合乎逻辑",就是指运用思维形式（概念、判断、推理等）是正确的或者是不正确的，合乎规律或者不合乎规律，所谓逻辑性"强"或者"不强"，就是指这些思维形式运用得好或者不好，指运用思维形式合乎思维规律的程度。

形式逻辑、传统逻辑所研究的思维形式和规律无论对人们的日常生活还是科学研究是有着重要的作用的，但是它只是一些初步的基本的东西,恩格斯把它比喻为初等数学。从黑格尔(George Friedrich Wilhelm Hegel, 1770-1831)开始的辩证逻辑，才进入"高等数学阶段"。

黑格尔对逻辑学的主要贡献是对辩证法的系统论述，他把他的整个哲学体系的第一部分就称为逻辑学，他的辩证法是作为逻

辑规律来叙述的，在他那里思维形式不是孤立静止的而是运动发展的，形式不是与内容无关而是密切相关的。当然黑格尔的逻辑学是唯心主义的，头足倒置的。直到马克思以后，才把它的头足正确地倒转过来，建立了唯物辩证法和马克思主义的辩证逻辑。列宁给逻辑学下了这样一个定义，“逻辑不是关于思维的外在形式的学说，而是关于‘一切物质的、自然的和精神的事物’的发展的规律的学说，换句话说，逻辑是对世界的认识的历史的总计、总和、结论”。②

总之，逻辑学是一门思维科学，它主要研究科学思维、理论思维，但也研究日常的思维，常识性的思维，它的研究对象既区别于数学、哲学的研究对象，也不同于任何具体的自然科学、社会科学的研究对象。

逻辑学作为一门思维科学当然和其他思维科学有一定的联系，但是它们的研究对象又是互相区分的。例如心理学是一门思维科学，它研究人的心理活动的规律，它研究人类在观察事物的认识过程中的心理过程（记忆、想象过程，情感、情绪过程，意志过程等）和心理特征（性格、气质、能力、才智、兴趣等）。逻辑学当然不能完全撇开心理学，不去研究作为意识的一个过程的思维，而去单纯研究思维的规律性和形式。但是心理学研究思维是不区分正确思维和错误思维、科学的思维和不科学的思维的。而逻辑学的研究对象是认识过程中的思维，是正确的思维，是思维的最发达、最高级的形式——科学思维、理论思维。

逻辑学作为一门思维科学当然不能撇开思维的内容来考察思维的形式、规律和方法，但它的研究对象同研究自然界和社会的个别领域的各门科学是不一样的。例如社会科学研究的是社会各方面的现象，在研究中发现、总结其规律性，并用它来指导人们的社会实践。也因此它具有强烈的阶级性。逻辑学既然以人的思维作为对象，而人是具有社会性的，人的思维内容也具有社会

性，因此它不能不与社会科学具有一定的联系。但是作为思维现象的本质来讲与社会现象是有原则区别的；社会现象和自然现象一样，都是客观存在的，而思维却是一种第二性的精神现象。逻辑学虽然研究思维，但着重点是思维的形式、规律、方法而不是思维内容。两个对立的阶级完全可以利用相同的思维形式来表达完全相反的思维内容。逻辑学的研究对象决定了逻辑学基本内容不仅没有阶级性，而且还没有民族性，而是如同数学、物理学那样具有全人类性。

逻辑学是一门思维科学，而"关于思维的科学，和其它任何科学一样，是一种历史的科学，关于人的思维的历史发展的科学……思维规律的理论决不象庸人的头脑关于'逻辑'一词所想象的那样，是一成不变的'永恒真理'。"③ 因此要真正了解逻辑学的研究对象，懂得什么是逻辑学还得掌握逻辑学的发展历史。

二、辩证逻辑产生以前的逻辑学概况

莱布尼茨(Gottfried Wilhelm Leibniz,1646-1716)在1696年写给加布里埃尔·瓦格的信中说："智力曾经发现的一切东西是通过逻辑规则这些老朋友被发现的，虽然一开始这样的规则没有明确地被记录下来或搜集起来。"④逻辑学在人类文明生活中到处都被自觉或不自觉地使用着，不管是文艺活动，还是科学活动，不管是家庭口角、茶馆评论还是法庭诉讼、外交辩论都要运用逻辑学。

逻辑思维的历史是和人类的历史一样悠久，因为人类区别于猿类的一个重要特征就是人类具有逻辑思维，但是逻辑学的产生却比人类的产生晚得多。人类产生于100万年以前，而逻辑学的产生还不到6000年（相传印度的因明学建立于5000多年以前，中国的名辩学说发生于公元前4、5世纪前后，古希腊的逻辑学

建立于公元前4世纪)，因为人类由自发的运用逻辑规律到自觉的理解它们，并进而创建逻辑学要有一个酝酿成熟的过程。但是作为一门科学来讲，逻辑学可算是一门古老的科学，而且其内容也是随着历史的发展、认识史的发展而不断发展的。

逻辑学是方法论，它教给人们在一切科学领域中进行正确思考的方法，它是关于科学方法的理论。因此，各个历史时代，都有反映这个时代的思想特点、思想水平(哲学、社会科学、数学、自然科学的水平)的思想方法，也就是说各个不同的时代都有自己的逻辑学。逻辑学与哲学一样，是一门古老而又常青的科学。

一部逻辑史不仅包括现代的各种逻辑学说，而且包括古希腊、中国、印度以及在逻辑科学发展过程中所有中亚细亚、高加索和许多东欧国家逻辑思想家们对逻辑学的研究成果在内。

事实上，随着文化科学的出现和发展，必然要产生逻辑学，在古代各文明国家都有人研究逻辑学，并有著名的逻辑学著作传下来，如古代印度有因明学，重要著作有«因明正理门论»、«因明入正理论»。印度的因明学是和佛学结合在一起的，是作为论证佛学教义的工具而出现的，但它也是推理论证，考定是非、真假的逻辑方法。在古希腊，有亚里士多德的逻辑学和有名的«工具论»。在古代中国，特别是春秋战国时期，诸说并起，百家争鸣，学术论辩之风盛行，逻辑思想也丰富多彩，除了惠施、公孙龙、荀况、韩非的各具自己特点的逻辑思想外，特别是墨家的«墨经»中的«经上»、«经下»、«经说上»、«经说下»、«大取»、«小取»等逻辑专著把研究思维的逻辑学推进到一个新的阶段，它全面地研究了概念(名)、判断(辞)、推理(说)以及逻辑规律的问题。墨家关于思维形式和思维规律的学说，大抵都是结合当时的实际政治斗争和具体的论辩来论述的，而没有像亚里士多德的逻辑那样采取形式化的方法和引用抽象的符号，这也是中国古代逻辑学的一个特点。唐宋以后，中国古典逻辑思想渐趋消沉，代

之而起的是从国外引入的印度的因明学（从唐朝的玄奘开始）和古希腊的逻辑学（从明末的李之藻开始）。

近代世界各国学习研究的逻辑学主要是发渊于古希腊的逻辑学，通常也称之为传统逻辑学，就其基本内容主要是涉及形式、完善的形式而言，是形式逻辑。

古希腊逻辑学的产生也不是偶然的，在古希腊内部错综复杂的斗争中，雅典的胜利带来了民主政治的复活和经济的发展，从而对希腊的艺术、科学和哲学的发展也带来良好的影响。雅典城也成了古希腊文化的中心，集中了许多诗人、艺术家、哲学家。他们怀疑和批判各种传统观念，探究新鲜事物，要求对自然和社会现象作正确理解。这样，争辩之风盛行，修辭、演讲、辩论的艺术变成了当务之急，丰富的社会生活和学术生活逼使人们赶快学会表达思想和辩论说服的本领，这就促进了逻辑方法的发展。德谟克利特（Democritus 约公元前 460-370）的原子说，以芝诺（Zeno of Elea，约公元前 490-430）为代表的伊里亚学派的辩论法问题的探讨，安纳撒哥拉斯（Anaxagoras，约公元前 500-428）的"努司"（即心、理智）学说，苏格拉底（Socrates，公元前 469-399）关于普遍概念的学说和柏拉图（Plato，公元前 427-347）的辩证法都是亚里士多德以前有影响的逻辑学说。

亚里士多德是公认的逻辑学创造人，他在《工具论》的《辩论篇》的结尾部分也自认为是逻辑学的创始人。

逻辑学是适应人类的认识的发展和科学的发展而产生的。古希腊毕达哥拉斯学派的希帕索斯（Hippasus）发现了等腰直角三角形的斜边和直角边不可通约，从而在有理数（分数）之外，引进无理数（无限不循环小数）的概念。无理数的发现使希腊人不得不承认两点，第一，直觉、经验乃至实验都不是绝对可靠的，知识的可靠性依赖于证明；第二，数(自然数)及其比(有理数)不能包括一切几何量，但几何量却可以表示数(自然数和有理数)，

因此几何比算术更重要。无理数的出现导致数学史上第一次危机的产生，并使古希腊的思想界出现了一段混乱时期，由于苏格拉底、柏拉图、亚里士多德等人的努力，替几何学建立了公理系统，并由欧几里德（Euclid，约公元前 330-275）在总结前人几何学成就的基础上，完成了《几何原本》一书，克服了第一次数学危机。欧几里得几何是具有严密的逻辑论证的体系，与这种体系相适应的方法论就是亚里士多德的逻辑学，它集中反映在亚里士多德的名著《工具论》中。亚里士多德奠基的逻辑学被称为"古典逻辑"、"传统逻辑"，它的任务是发现一些规则，人们应用这些规则就能从已给定的一些公理得出科学定理，从而建立一门科学学说。

亚里士多德对他的六篇逻辑学著作（范畴篇、解译篇、前分析篇、后分析篇、正位篇、反辩论篇）并没有给它一个总的名称，也没有给这门科学下一个明确的定义。（"逻辑"、"推理"等术语是亚里士多德以后的希腊的斯多葛派创造的）。他的学生们给这些逻辑学著作起了个《工具论》的名词，意思是说它是获得知识的工具。亚里士多德的逻辑学几乎是一切研究逻辑学的学者的出发点，它对以后2000多年逻辑学的发展起着非常巨大的影响。

在欧洲的中世纪时期，宗教神学统治一切，科学研究的任何成果只要触犯了宗教教条，就被斥为"异端邪说"，科学家也因而遭受残酷的迫害。在这种黑暗的宗教统治下，一切科学都被窒息，哲学成了神学的侍女，逻辑学的唯一任务是论证上帝的全知全能，如大主教安瑟伦(Anselm of Canterbury，1033-1109)的所谓"上帝存在的本体论证明"。

中世纪的神学统治需要有说服力的论证，因此他们就借助于亚里士多德的逻辑学和哲学思想。他们将亚里士多德的著作奉为经典，把亚里士多德奉为神明和绝对权威，打着亚里士多德的旗号而又歪曲甚至直接违背了亚里士多德关于逻辑是为认识事物、

探求真理服务的这一基本原则。他们还利用亚里士多德逻辑学重形式轻内容的特点，搞成脱离实际的经院哲学，而形式逻辑成了经院哲学的主要内容。当时逻辑学的研究工作与其他科学的研究工作一样，都是服从和服务于封建地主阶级和教会的权益。因此，逻辑学的研究工作的成绩又不过是对推理过程进行细致的分析，对思维形式和规律本身也进行详尽的探索，增补逻辑概念和术语，以及注释亚里士多德的著作。这些研究工作就其着重研究如何在思维领域论证问题来说，对逻辑学的发展也有一定的贡献，如提出四种直言判断（全称肯定、全称否定；特称肯定和特称否定）以及用A、E、I、O等符号来代表，详细探讨了3种格与4种判断构成的48种可能的式等。特别是提出“非范畴词”理论、“指代”理论方面，以及推进了斯多噶学派的命题逻辑，和探讨了语义悖论及其解决途径等，在逻辑学史上占有一定的地位，但总的来说，在中世纪经院哲学的禁锢之下，一切科学（包括逻辑学）的发展都是受到压抑以至窒息的。

随着资本主义生产方式的迅猛发展，新兴资产阶级为了征服自然以发展工商业，就提倡自然科学，他们资助探索自然物体的特性和自然力的活动方式的科学技术研究工作。但这时僵死的经院哲学仍很盛行，在自然观、认识论、方法论等方面严重地束缚着人们的思想，阻碍着科学的发展。这样，从思想方法上搬掉科学技术发展道路上的障碍，就成为时代的要求，首先敏锐地感受到这个时代脉搏的是英国的一些唯物论哲学家，其杰出代表是弗兰西斯·培根。

培根摈弃了经院哲学那种崇拜偶像、迷信权威和在亚里士多德三段论中翻筋斗的认识方法，指明一条用科学实验的方法去探索自然界进行科学研究的途径。培根认为亚里士多德和经院哲学的演绎法“是产生错误的根源和一切科学的祸害”，⑤他提出：“要深入到自然内部的深处，必须用一种更稳当更审慎的方法，

把概念和公理从事物中引伸出来；必须采取一种更好的和更确切的运用理智的方法。”⑥培根在《新工具论》里提出一种唯物主义经验论的归纳法作为指导人们认识自然获取知识的科学方法，从而也把逻辑学推进到一个新的阶段，培根的归纳法是建立在观察、实验基础上的，又通过科学的分析、概括来不断修正补充的归纳法。

到了19世纪，英国的约翰·穆勒进一步发展了培根的归纳法，提出了判明现象间因果关系的归纳法，亦即逻辑学历史上著名的五种科学归纳法：求同法、差异法、求同差异并用法、共变法和剩余法。这是在近代自然科学兴起和发展的影响下，逻辑学在传统逻辑的基础上向归纳法和经验科学方法论的方向发展。正如德国学者泰奥多尔·齐亨(Theodor Ziehen,1862- ?)所说的那样，“在古代逻辑中固然也时常谈到‘方法’、‘方法论’，但人们最多只限于讨论一些一般命题。穆勒第一次作了科学的方法论的详细的论述，并且详尽地考虑了各种科学，自然科学和人文科学。可能引起不少矛盾，但逻辑也总之很正确地有了一个新的广阔的工作园地。”⑦

这样，逻辑学除了以亚里士多德为代表的以演绎为主的语言逻辑外，又发展和补充了以培根、穆勒为代表的以归纳为主的科学逻辑。但是这些都没有超出形式逻辑的范围，统称之为逻辑学或传统逻辑。

随着近代科学技术的发展，人类认识的发展，人类对自身思维的规律和形式的认识也有了进一步的发展，产生了与传统逻辑相对称的近代逻辑。近代逻辑除了一些专门的逻辑学分支，如逻辑语法学、逻辑语义学等和应用逻辑（有人称之为技术逻辑）如时序逻辑、控制论逻辑、系统逻辑等逻辑学外，主要是两个部分：一个是数理逻辑（亦称逻辑斯蒂或符号逻辑）以及将数理逻辑与传统逻辑统一起来的制约逻辑；一个是辩证逻辑以及多值逻辑、

模糊逻辑。

数理逻辑除了涉及数学本身、数学基础方面的内容外，从逻辑学方面来讲，它是对数学中所应用的思维方法，尤其是对数学证明的逻辑分析，它力图用符号体系来表达一切思想形式和联系。确切地说，数理逻辑是“逻辑演算”，因为数理逻辑是把命题的形式结构用公式和符号来表达，把推理中的前提和结论之间的关系转换为公式与公式之间的演算关系。继承笛卡儿(Ren'e Descartes，1596-1650)和斯宾诺莎(Spinoza，1632-1677)关于把逻辑学和数学结合起来的思想，而提出有关数理逻辑思想的是莱布尼茨。他发现逻辑推理和数学演算在本质上是同一思维活动的不同表现，他提出要建立一个集逻辑和数学于一身的“普遍的科学方法论”。但他未能实现这一愿望。直到1847年布尔(George Boole，1815-1864)发表《逻辑的数学分析》后，数理逻辑的研究才开始变为现实。1876年弗雷格(Friedrich Ludwig Gottlob Frege,1848-1925)出版了《概念文字》一书，他从公理出发，并引进量词，使数理逻辑成为严格的理论体系。19世纪末，罗素(Bertrand Arthur William Russell,1872-1970)出版的三大卷《数学原理》，标志着数理逻辑成为一门成熟的新科学。19世纪末20世纪初，为了解决数学基础所提出的一些重大问题，数理逻辑得到了突飞猛进的发展，它的研究成果得到了广泛的应用。数理逻辑使思维的可计算性更明确了，它是形式逻辑的精确表述，是形式逻辑部分内容的数学化、符号化，它是西方的近代形式逻辑。在亚里士多德的逻辑学中，关于什么是推理无法恰当地加以表述，而数理逻辑对“推理”是什么的问题，给出了精确的解。也因此，德国数学家希尔伯特(David Hilbert，1863-1943)在1900年的巴黎数学家会议上声称：我们要造成这样的结果，使所有推理的错误都只成为计算的错误。这样，当争论发生的时候，两个哲学家同两位计算家一样，用不着辩论，只要把笔拿在手

里，并且在算盘面前坐下，两个人面面相觑地说：让我们计算一下吧！”⑧

数理逻辑并不等同于形式逻辑，它的研究对象只是形式逻辑中的有关演绎推理的部分，至于归纳法、类比、假说等则不是数理逻辑研究的对象。当然，在研究方法上，数理逻辑比形式逻辑有着更为严密的系统。

逻辑学不仅仅沿着把形式逻辑分化为独立的科学，并使其成为具有特殊的研究对象和独特的研究方法的数理逻辑这一条道路发展，因为除了数理逻辑所研究的内容之外，逻辑学还有从认识论方面来研究思维的形式和规律的部分，这部分内容在近代就发展成辩证逻辑。也就是说在数理逻辑发展起来的同时，适应近代科学的发展，在哲学范围内也导致了关于反映和认识客观真理的理论思维形式、方法和规律的学说——辩证逻辑的产生。

注：

①金岳霖主编：《形式逻辑》，人民出版社1980年版，第309页。

②《列宁全集》，第38卷，第89-90页。

③恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第27页。

④亨利希·肖尔兹：《简明逻辑史》，商务印书馆1977年版，第49-50页。

⑤弗兰西斯·培根：《新工具论》，第27页。

⑥同⑥，第10页。

⑦泰奥多尔·齐亨：《逻辑学教程》，参见《逻辑史选译》，三联书店1961年版，第110页。

⑧转引自亨利希·肖尔兹：《简明逻辑史》，商务印书馆1977年版，第54页。

第二节 辩证逻辑是人类认识史、科学发展史的必然产物

亚里士多德对辩证逻辑的一些问题也曾进行过探讨，如关于概念的矛盾运动的研究，以及关于必然性与偶然性、可能性与现实性等逻辑范畴的研究。在亚里士多德的著作中，他常把逻辑的思维形式和认识之由浅入深的过程在一定程度上联系起来，所以恩格斯说："古希腊的哲学家都是天生的自发的辩证论者，他们中最博学的人物亚里士多德就已经研究了辩证思维的最主要形式，"①但是亚里士多德并没有分清形式逻辑和辩证逻辑，辩证逻辑在他那里，只是到处都作为问题被提了出来。黑格尔是第一个提出辩证逻辑和形式逻辑的区别，并系统地叙述了辩证逻辑原理的哲学家。

所以，辩证逻辑萌芽于亚里士多德，到黑格尔时初具规模。马克思、恩格斯在改造德国古典哲学建立辩证唯物主义和历史唯物主义的同时，也就创立了辩证逻辑。尽管马克思和恩格斯并没有论述辩证逻辑的专著，甚至也很少使用"辩证逻辑"这一词，但是正如列宁所指出的那样："虽然马克思没有遗留下'逻辑'（大写字母的），但他遗留下'资本论'的逻辑……"②列宁继承了马克思、恩格斯的事业，并且在《哲学笔记》等著作中进一步发展了马克思、恩格斯创建的唯物辩证法。列宁更多地注意到把辩证法用于认识论领域，提出辩证法、认识论、逻辑三者统一的原理是对马克思主义哲学和逻辑学的重大发展。

辩证逻辑的产生是人类思维长期发展的产物，恩格斯指出："辩证的思维——正因为它是以概念本性的研究为前提——只对于人才是可能的，并且只对于较高发展阶段上的人（佛教徒和希腊人）才是可能的，而其充分的发展还晚得多，在现代哲学中才达

到。”③整个逻辑科学是随着人类认识的发展，数学、自然科学的发展，哲学、社会科学的发展而发展的。“我们只能在我们时代的条件下进行认识，而且这些条件达到什么程度，我们便认识到什么程度。”④逻辑学从形式逻辑发展到辩证逻辑是近代科学发展的必然结果。近代自然科学从经验的领域进入理论的领域时，辩证逻辑逐渐成为科学发展所绝对必须的东西。在自然科学中科学实验和辩证思维对于自然科学的研究来说是不能偏废的。

一、唯物论与经验论之争

在人类认识史上，长时期来作为哲学分支而存在的逻辑学不能不受哲学史上的唯理论与经验论争论的影响。

人类认识史的发展大体经历了三个阶段。认识离不开主体和客体的关系，但是认识的主体要比认识的客体复杂得多，基于认识从简单到复杂的发展规律，古代人都偏重于研究客体（相对于主体的研究来讲），探讨世界的本原是什么，争论世界的本原是“一”还是“多”等问题。这种争论一直延续到中世纪的唯名论和唯实论之争。这是认识史上第一阶段（古代科学阶段），在这一阶段，人们的认识主要依靠感官的直接观察和哲学上的猜测。适应这种认识水平的逻辑学就强调理性的作用，而轻视由经验经过概括得到的认识。亚里士多德在其逻辑著作《诡辩篇》和《分析篇》中就提出三段论优于归纳法的观点。

随着17世纪近代自然科学的产生，人类认识史进入第二阶段（经典科学阶段）。认识从偏重于认识的客体，转变为偏重于认识的主体。不过有的偏重于从认识形式方面来分析问题，有的偏重于从内容方面来分析问题，前者认为只有凭经验，才能把握客体，打开主体通向客体的渠道，后者则认为只有通过思维才能把握客体，打开主体通向客体的渠道。这就是经验论和唯理论的争

论。当时欧洲的这两大哲学派别无论是英国的经验论还是大陆的唯理论都是反对中世纪宗教神学和经院哲学的理性主义派别，所以严格地讲两派的界线不是绝对的，而且还有着互相影响、互相渗透的一面。不过总的来说存在着强调经验还是强调理性的两种不同倾向。在这一时期的科学家中占上风的是经验论思想，是培根的归纳逻辑。意大利科学家伽利略(Galilei Galileo，1564-1642)曾认为在亚里士多德逻辑中演绎法（三段论）和归纳法是同样必要的，而后者尤其重要，他认为应该借助于经验，用分析的方法，逐步地获得一般的判断，然后根据这些判断做出三段论的推理。可见伽利略的逻辑思想比亚里士多德前进了一大步，天才地猜测到归纳推理和演绎推理并不互相排斥，而是互为前提的。不过伽利略的这一卓越思想，由于当时科学发展水平的限制而不被社会所公认，不为学术界所接受而没有得到重视。近代自然科学产生后，情况发生了显著的变化。从培根到牛顿(Isaac Newton，1642-1727)的经典科学的哲学概括是认为人们的认识道路是一个连续的不间断的逻辑过程，即从个别归纳出一般，从经验归纳出理论，从直接经验概括出较低的公理，再上升到一个高一个的中间公理，最后达到最普遍的公理，在这个逻辑过程中，理性只是起辅助作用。

从19世纪以后，人类的认识史进入第三个阶段（近代科学阶段）。这个阶段从康德开始，出现了从研究主客体的统一性入手，同时考察认识的主体与认识的客体的哲学思想，还在18世纪经验归纳法占主导地位时，英国哲学家休谟(David Hume，1711-1776)就对经验论提出怀疑：任何经验都是有限的，怎么可能由此归纳出一般理论呢？康德把经验归纳法的阶梯完全倒了过来，不是从经验上升到理性，而是从先天理性去组织后天经验。黑格尔强调理性的作用，认为任何科学都不能单凭感觉、感性知识而获得，而是必须在感知的基础上，用理性思维来抽象概括，才能把握，

才能获得。他指出：“假使物理学仅仅基于知觉，知觉又不外是感官的明证，那么物理学的行动就似乎仅仅在于视、听、嗅等等，而这样一来，动物也就是物理学家了”。⑤黑格尔集德国古典哲学之大成，他从唯心主义辩证法的立场出发，指出了传统逻辑的不足，也批判了康德的形式主义逻辑思想，深刻地、全面地探讨了辩证思维的形式和规律，建立一个庞大的唯心主义的辩证逻辑体系，虽然黑格尔的逻辑体系是头足倒置的，是以主观理性来囊括一切客观发展过程，但是它包含着辩证法的因素，对人类认识发展史中重新强调理性的作用复归到辩证法起了积极的作用。

二、从形而上学复归到辩证法

古代的科学研究是比较肤浅、表面的，也不分什么现代意义上的学科，一个学者往往什么都涉及一些，他们主要是力图从整体上把握自然界的图象，因此他们（例如古希腊哲学家）具有建立在直观基础上的朴素的辩证的思维形式。

这种朴素的辩证思维形式，后来被中世纪神学和17、18世纪机械唯物论的形而上学思维方式所代替。

从15世纪下半叶起，随着资本主义的产生和发展，自然科学逐渐从神学的束缚中解放出来，但在开始时还不可能对自然界作综合的系统的研究，它必须先收集材料，然后对它进行分门别类的研究，甚至对一种过程或事物，也得把它们再分解为各个部分，然后进行分别的研究。这种研究方法在当时是有其历史必然性的，因为必须先知道一个事物是什么，而后才能觉察这个事物中发生的变化，必须先研究事物而后才能研究过程，必须先收集材料然后才能整理材料，自然科学的发展必须先经过收集材料的阶段，然后才能进入整理材料，把这些自然过程结合为一个整体的阶段。正是这种研究方法，使得自然科学在15世纪下半叶到18

世纪上半叶这个阶段积累和初步整理了极其丰富的材料，取得了巨大的进展。但是这种研究方法，也给人们“留下了一种习惯，把自然界的事物和过程孤立起来，撇开广泛的总的联系去进行考察，因此就不是把它们看做运动的东西，而是看做静止的东西；不是看做本质上变化着的东西，而是看做永恒不变的东西；不是看做活的东西，而是看做死的东西。”⑥

这阶段的自然科学基本上是停留在机械力学阶段，牛顿在天文学上的机械论观点和林耐(Carolou Linnaeus,1707-1778)在生物学上的物种不变观点，是这一阶段自然科学上的支配意见。于是自然界绝对不变的观念就渗透到各门自然科学中，地球上某一物体所能有的相对的机械平衡，被看成是绝对静止，并且还把这种观点推广到解释整个宇宙，这样就产生了形而上学的思维方式。

17世纪初，英国资产阶级和新贵族的思想代表培根把唯物主义带进了自然科学，开创了一条唯物主义的经验论的道路，提出了所谓科学实验的求知方法——归纳逻辑，对当时自然科学的发展起了重大的促进作用。

但是培根的归纳逻辑是从静止的、片面的、孤立的方面来把握思维形式，再通过这种思维形式来把握客观事物的。首先，归纳逻辑所依据的客观事物的“类”是固定的、绝对的，这种固定性一方面使科学研究可以对“类”作形式化的处理，一个“类”可以作为一个“数”来处理，但这种“类”的凝固性、僵硬性是非辩证法的。其次，培根虽然强调人的实验活动在认识中的作用，但他所注意的是狭隘的、孤立的个人的实验活动，而不是整个人类的社会实践活动。再次，培根虽然注意到理性认识的重要性，但他不了解认识过程的辩证法。他的归纳逻辑把由感性认识到理性认识的过程看做是一个沿着一条笔直的道路进行的单纯渐进的过程，从而否定了认识过程中不同阶段的质的飞跃。最后，培根

把固定不变的的形式［培根讲的形式是指支配和组成各种物体的性质（如热、光、重量等等）的法则］看做是事物的本质，因此他规定自己的归纳法的目的是发现事物的有限的、固定不变的简单性质及其形式，幻想穷尽对于一切形式的认识，从而否认了事物的不断变化和发展。培根的归纳逻辑是对当时自然科学中孤立的静止的分析事物的方法的哲学概括。

培根哲学思想的形而上学性为后来霍布斯(Thomas Hobbes, 1588-1679)的机械唯物论体系的产生开辟了道路，而“洛克在他论人类理性的起源的著作中，论证了培根和霍布斯的原则”⑦。洛克(John Lock'e,1632-1704)系统地研究了认识的起源、认识的过程以及获得知识的途径等问题，使培根和霍布斯关于知识和观念都起源于感觉经验的唯物论原则，第一次得到详细的论证和发挥。

洛克认为知识或理性认识是由简单观念构成的，而复杂观念不过是简单观念的机械总和。例如“物体”这个复杂观念不过是由“密度”和“广延”这两个观念结合起来的，又如“朋友”这个复杂观念是“人”、“友爱”、“同情”、“幸福”等简单观念的总和。因此洛克认为理智的能力或作用就是把简单观念加以结合、联系和分离，他认为抽象的一般观念只是把许多个别事物中的那些特点舍掉，而把他们的相似点分离或抽取出来结合成一个复杂观念，这种抽象的一般观念并不反映客观事物的普遍性或一般性。他认为客观上只有个别，并无一般，一般纯粹是理智的产物，只存在于人的抽象观念中；因此，抽象的一般观念只有代表许多个别事物的作用，并没有加深对事物的认识，并没有揭示事物的本质。这样洛克从狭隘的经验论出发，把感性和理性、事物的现象和本质割裂开来，实际上否认了人类有认识事物本质规律的能力，加深了经验论的形而上学性。所以恩格斯说，那种孤立的、静止的、把事物看成永恒不变的考察事物的方法“被培根和

洛克从自然科学中移到哲学中以后，就造成了最近几个世纪所特有的局限性，即形而上学思维方式。”⑧

从中世纪到18世纪的欧洲是形而上学思维方式占统治地位的时代，一切科学研究的方法，不管是笛卡儿的《方法论》，还是培根的归纳法、实验八法（变量法、重复法、转移法、逆反法、消散法、连接法、偶获法和应用法）都逃不出形而上学思维方式的范围。在逻辑学的发展史上形而上学曾极大地影响着逻辑学（形式逻辑）的发展。

形式逻辑和形而上学是有区别的。形式逻辑只是描述事物在特定条件下的相对稳定性，到此为止；而形而上学则把这种相对稳定性绝对化，把事物的整个发展过程看作是静止的、孤立的一成不变的。形式逻辑是撇开事物的变化，在不破坏事物在特定条件下的相对稳定性时，使思维能够进行正确的推理判断；而形而上学是否定了事物的变化，把静止看作是绝对的。形式逻辑的同一律是指思想外延的同一性，是要求在同一议论中思想应保持确定和同一，但并不意味着要求把思想对象、客观事物看作是永远不变的，把事物看作永远不变的才是形而上学世界观。

但是，由于形而上学和形式逻辑都是形而上学思维方式的具体化，前者是从方法论、世界观方面得出的哲学结论，后者是从思维形式，思维规律方面得出逻辑学的结论；而且在特定条件下，事物处于相对稳定状态时，表述这一状态的是形式逻辑还是形而上学也不易分清。再加上历史上,中世纪神学统治时期和17、18世纪机械唯物主义的自然科学统治时期，形式逻辑和形而上学是交叉并存、互相影响、甚至有时是互成一体的，这样形式逻辑的发展就不能不受形而上学思维方式的影响和带有它的痕迹。

形而上学思维形式既然是人类思维发展历史过程中的必经阶段,它当然也起过一定的积极作用,但对科学的继续发展来讲终于成了障碍。历史是不断前进的，人类的认识是不断前进的，科学

是在持续发展的，形而上学的思想框框终于被突破，形而上学所盘据的堡垒逐个被辩证法攻破，“新时代是以返回到希腊人而开始的——否定之否定。”⑨

给形而上学的自然观打开第一个缺口的是1755年出版的康德的《自然通史和天体论》，它提出了太阳系起源的“星云假说”，指出了地球和整个太阳系表现为某种在时间的进程中逐渐生成的东西。接着在许多科学领域相继打开了缺口。英国地质学家赖尔(Charles Lyell, 1797-1875)以地质渐变论粉碎了古脊椎动物学和比较解剖学的创始人、法国生物学家居维叶(Georges Cuvier, 1769-1832)的“灾变论”；在物理学上1842年德国青年医生迈尔(Julius Robert Von Mayer, 1814-1878)和英国物理学家焦耳(James Prescott Joule, 1818-1889)发现了能量守恒和转化定律；在化学领域，1777年拉瓦锡(Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794)用氧化燃烧的理论代替了燃素说，道尔顿(John Dalton, 1766-1844)提出了原子论，19世纪中叶门得列耶夫(Дмитрий Ивановцч Менделеев, 1834-1907)发现了元素周期律，特别是1824年，德国化学家维勒(Friedrich Wöhler, 1800-1882)在煮沸无机化合物氰酸铵时，得到了过去一直认为只能在活的机体中产生的有机化合物尿素，在生物学中德国植物学家施莱登(Matthias Jacob Schl,eidem, 1804-1881)和动物学家施旺(Theodor Schwann, 1810-1882)在1838、1839年创立了细胞学说，达尔文(Charles Robert Darwin, 1809-1882)于1859年发表《物种起源》一书创立了进化论，他们证明了生物有机体内部的统一性和和生物从简单到复杂的进化发展规律。在自然科学这样发展的基础上，在原来不了解其内在联系的各个事物之间找到了联系（例如电、磁、光原来以为是各自独立的，现在发现它们原来是统一的；地面上物体的下落与天体的运动，原来以为互不相干，现在发现它们遵循的是同样的引力定律），在原来以为是有不可

逾越的鸿沟的学科、部门之间（例如有机物和无机物之间），现在发现它们之间都是相通的、可以互相转换的。于是“在自然科学中，由于它本身的发展，形而上学的观点已经成为不可能的了”，“除了以这种或那种形式从形而上学的思维复归到辩证的思维……没有其他任何出路”，“恰好辩证法对今天的自然科学来说是最重要的思维形式，因为只有它才能为自然界中所发生的发展过程，为自然界中的普遍联系，为从一个研究领域到另一个研究领域的过渡提供类比，并从而提供说明方法”。⑩

但是资产阶级思想家和自然科学家由于阶级的局限，不可能创建辩证唯物主义的世界观，只有代表无产阶级利益的马克思和恩格斯，在适应无产阶级革命斗争的需要的前提下，在概括阶级斗争、生产斗争和科学实验经验的基础上、才创立了辩证唯物主义的世界观，从而也为逻辑学发展成马克思主义的辩证逻辑奠定了基础。

三、辩证唯物主义的建立为辩证逻辑奠定了理论基础

历史上许多哲学家曾自觉或不自觉地论述过辩证法的范畴和规律，归纳起来主要有三种形态：以古希腊哲学家赫拉克利特（Heraclides of Ephesus 公元前 540-480）为代表的自发的辩证法，以18世纪德国哲学家黑格尔为代表的自觉的唯心辩证法和马克思的唯物辩证法。

18 世纪末 19 世纪初，西欧许多国家资本主义生产方式的确立，使社会生产力得到了空前的发展，但也带来了许多空前的社会矛盾。这些矛盾深刻而集中地表现在无产阶级和资产阶级的斗争上。资本主义生产方式由于它的经济规律的作用，在历史上第一为消灭一切剥削提供了客观前提，决定了无产阶级的阶级斗争目的，不是为了用一种剥削形式来代替另一种剥削形式，而是为

了彻底消灭剥削，争取全人类的社会解放。19世纪30——40年代，无产阶级反对资产阶级的大规模的斗争，无情地揭露了过去的一切经济理论和政治学说的虚伪性，暴露了空想社会主义学说的致命弱点，动摇了一切唯心主义历史观。新的时代要求有自己时代的理论思维形式，已经走上政治舞台的无产阶级要求有自己的世界观。作为无产阶级世界观的马克思主义哲学正是合乎规律的历史时代的产物。

马克思主义哲学——辩证唯物主义的产生不仅要求有成熟的政治经济的前提，而且还必须有它的自然科学前提和它的理论来源。马克思和恩格斯的贡献正是在于他们转变到无产阶级的立场上，并在继承人类思想史上的优秀成果的基础上，完成了科学的伟绩。

辩证唯物主义、历史唯物主义的创立，标志着哲学的性质、研究对象发生了根本的质变，哲学结束了科学的科学的特殊身份，成为有明确的特定研究对象的科学。恩格斯在考察了哲学发展的历史后指出："一旦对每一门科学都提出了要求，要它弄清它在事物以及关于事物的知识的总联系中的地位，关于总联系的任何特殊科学就是多余的了。于是在以往哲学中还仍旧独立存在的，就只有关于思维及其规律的学说——形式逻辑和辩证法。其他一切都归到关于自然和历史的实证科学中去了。"⑪马克思主义哲学的产生在哲学史上形成的革命变革首先就表现在哲学的对象、性质的变革上，其次，马克思主义哲学贯穿了辩证法、认识论、逻辑三者统一的思想，马克思主义哲学的科学体系就是以唯物辩证法为基础，以认识论为中心内容，用辩证逻辑的范畴体系来表述的哲学科学。

自然科学和社会科学所积累的关于自然和社会的知识，都必须通过思维来概括来反映，并形成一定的理论结构和理论体系。哲学需要从这些理论体系中，吸取自己的理论思维内容的养料，

而自然科学和社会科学，又必须用哲学所揭示的规律作指导去研究自己领域的特殊规律。正是从马克思主义哲学和各门具体科学的分工和合作的关系上，我们说马克思主义哲学是关于自然界、人类社会及思维发展的最一般规律的科学。

在唯物辩证法指导下研究思维领域的规律就克服了形而上学的片面性。马克思主义的逻辑学是包含了形式逻辑的积极成果的辩证逻辑，即在承认形式逻辑所揭示的在相对静止状态下的思维形式及其外在联系条件下的规律后，进一步揭示思维及其运动发展规律的科学。

从马克思主义哲学的状况来说，虽然马克思留下了《资本论》的逻辑，但这毕竟是一种间接意义上的逻辑。也就是说，在《资本论》中，辩证法、辩证逻辑作为一种方法得到了具体的应用；然而它并未以一种研究方法、思维形式本身的理论体系的形态出现。用列宁的话来说，马克思没有留下“大写字母”的逻辑。马克思、恩格斯、列宁都为制定唯物辩证法理论和辩证逻辑理论指出过方向，提供过许多宝贵的思想，但尚没有来得及把它作为一个完整的系统的理论体系叙述出来，辩证唯物主义的建立只为辩证逻辑的理论系统奠定了理论基础。而且从逻辑学的发展来看，发展到辩证逻辑阶段，逻辑学（辩证逻辑）也要脱离哲学而归到思维科学的实证科学中去，要研究和建立辩证逻辑的理论体系。辩证唯物主义的创立，表明马克思、恩格斯在总结、概括当时自然科学的最新成就的基础上，确立了辩证的自然观。在近代自然科学迅猛发展的情况下，不但为辩证唯物主义提供了许多新的论据，而且要求科学家和哲学家进一步从哲学上概括自然科学的成果，建立唯物辩证法和辩证逻辑的理论体系。

四、近代自然科学的发展对人类思维方法的影响

自然科学的发展是人类思维活动发展的重要基础，马克思主

义哲学的创立，也依赖于当时自然科学的三大发现和科学上的其他一些重大进步。随着20世纪的到来，开创了以相对论和量子力学标志的物理学的新时代，“现代物理学所创造的实在，确实与旧时代的实在大有差别”⑫。时空与物质、运动的不可分，光的波粒二象性，连续与非连续的统一，几率的定律代替支配个体的定律，统一场论的研究和数学、逻辑学、物理学中一系列的悖论、佯谬都是对辩证思维的论证，这些“不协调”现象只有用辩证的方法，辩证逻辑的思维方法和大胆的科学想象力才能领会。现代自然科学和工程技术，从五十年代以来又发生了巨大的变化，自然科学正在酝酿着新的突破：数学上出现了非标准分析、弗晰（模糊）集合论等新分支，并第一次提出了阐述量变质变规律的数学理论——突变理论；物理学上高能物理的发展，使人们对物质微观结构的探索进入基本粒子这一层次的研究；化学上出现了分子工程学、计算化学等新分支，人们已经能够依据化学理论和计算技术去进行分子设计和定向合成；天文学上宇宙大爆炸论等天体起源假说的提出；地学上关于固定论和活动论、单元论和体系论等问题的争论；生物学上 DNA 双螺旋结构的发现促进了生物科学在分子水平上的研究。所有这些成就使人类对自然界的认识进入微观高速领域，从研究物质现象为主转到研究生命现象为主。同时工程技术上也进入空间技术、计算机技术、遗传工程技术、系统工程技术和人工智能的阶段。人类从认识物质和能量，进一步认识信息，进入信息时代。

新的工程技术的出现，同时孕育了新的科学理论。信息论、控制论、系统论的相继出现，使人类的认识能力获得了空前的解放，由于电子计算机的运用，又延伸和补充了人体信息处理的三个重要器官：感官、神经和大脑，从而极大地提高了人的思维能力。所有这些科学技术上的突破，特别是随之而来的新的科学研究方法对哲学、各门具体社会科学和思维科学的发展产生愈来愈

大的影响和推动。这种影响和推动对逻辑学来讲，就突出的表现为愈来愈大的影响和推动。这种影响和推动对逻辑学来讲，就突出地表现为要求大力研究建立辩证逻辑的科学系统。日本物理学家武谷三男也认为要把认识过程的三个阶段的“互相交错的具体形态分析出来，这只有依据辩证逻辑才能做。”⑬

1948年维纳(Norbert Wiener,1894-1964)出版了«控制论»这部奠基性著作，明确地把控制论称为“关于在动物和机器中控制和通讯的科学”⑭，把通讯工程的信息概念和自动控制工程的反馈概念引入活的有机体，又把人的行为目的等概念引进机器。控制论从“信息变换”入手，既突破了动物和机器的界限，又突破了控制工程和通讯工程的学科界限，它通过“控制与反馈”这一共同点，把空间技术、物理、化学、生物、医学、工程、数学等等都贯通起来，抽象和概括出这门更带综合性、普遍性的学科。50年代以后，控制论向各个领域渗透、相继出现了工程控制论、神经控制论、生物控制论、社会控制论、大系统理论和智能控制论等分支,出现了现代科学控制论化的倾向。控制论揭示了从前以为只是属于生物机体的有目的性动作的性质，在有些自动控制系统中同样存在。这促使科学研究中的模拟方法发展到功能模拟的新阶段。传统的模拟方法是一种认识原型的手段，而在功能模拟中，模型是具有某种目的性行为的机器，模型本身就是研究的目的。功能模拟是运用“黑箱”理论，从功能上描述和模仿系统对环境的影响方式，一般无需分析系统内部的物质基础和个别要素，不追求模型结构和原型相同。这样就扩大了模拟方法的适用范围，为人工智能的研究和向生物界寻求科学技术设计思想开辟了新途径。

信息论的发展提出了信息这一新概念，信息是现实世界现象之间建立联系的一种特殊形式，它反映了物质和能量在时空中分布的不均匀程度以及宇宙中一切过程（包括人脑的意识过程）发

生、变化的程度。运用信息观点，把系统看作是借助于信息的获取、传递、加工、处理而实现其目的性的运动的研究方法就是信息方法。信息方法有助于弄清人脑思维活动的规律，因为意识也是一种信息，认识过程可以用信息流的过程来表示。人脑是一个复杂的活体结构，我们不能在人脑失去思维能力之前将它剖开加以研究；但我们使用信息方法，就可以撇开对象的具体运动形态，把一个系统的运动过程抽象为一个信息变换过程，从信息的接收和使用的过程中研究活动的特性。信息方法克服了传统的解剖方法在研究活体性时无法克服的局限性，成为研究复杂的运动形式包括人类思维活动规律的重要科学方法。

由于各门科学在近代的发展中不断互相渗透和新的边缘学科不断建立，使"整体"、"要素"、"结构"、"功能"等概念获得新的意义，并越来越广泛地得到应用，终于导致了把"系统"作为独立的研究对象来加以考察，产生了系统论这一近20多年来迅速发展起来的新学科。系统论的科学方法就是把对象放在系统形式中加以考察的方法，就是从系统的观点出发，始终着重从整体与部分之间、整体与外部环境之间的相互联系、相互制约、相互作用的关系中综合地、精确地考察对象，以达到最佳地处理问题的一种方法。这种方法的产生有其历史的必然性，系统论创始人之一，著名奥地利生物学家贝塔朗菲（L，V．Bertalanffy，1901-1972)就曾说过，不能把现代系统论的产生说成是"时髦一时的产物，而应当把它看作是人类思想史交织发展的一种现象"⑮。系统论的观点首先是用有机整体的概念来代替经典的"整体"概念。近代实验科学主要是采用分析、解剖的方法来求得对于事物整体的认识，即从部分求解整体。这种思维方法，对于以机械运动形式为主要研究对象的科学发展阶段是适用的，但是对于一些复杂的现象（例如生命），近代科技就不适用了。活的机体的整体属性不等于机体各个组成部分的机械总和，任何一个组成部分

不能脱离机体的整体而存在。那种只着重研究部分，并以部分求解整体的传统思维方法，就不能说明活的机体的本质和特点。以往科学研究中的一个重要思维原则是简化原则。按照这个原则，在研究事物对象时，暂时撇开事物某些复杂、偶然的因素，把事物控制在某种特定条件下（几个变量）所显示出来的性质、特点和规律。科学知识，实际上是对现实事物（在特定条件下）的概括性的近似的认识。这种思维方法曾在相当长的时期和相当宽的范围显示出它的生命力。但当被研究的对象的综合性质或整体性愈益明显时，简化原则就不适应了，而必须代之以系统的原则和方法(即整体性原则、相互联系原则、有序性原则和动态原则)，综合地把握事物对象的整体性质、特点和规律。科学思维从主要研究事物“构成”、它们的解剖学和实际结构转到主要研究发展的过程和功能，转到把对现实事物的看法和结构的看法结合起来，并用发生的、历史的功能系统的看法来补充上面的看法。同时，认识从研究简单东西进到研究复杂的东西，从研究个别事物和现象进到研究它们的系统、构成和相互作用。按照系统原则去认识事物，人们获得的是有关事物存在和发生、发展过程的全部总和的知识，即关于事物的系统的知识。

贝塔朗菲开创的一般系统论是一门逻辑和数学领域的科学，它在短短的几十年内已有了长足的进展。先后出现了以比利时物理学家普利高讳(I.Prigogine,1917-)的耗散结构理论(1969年)，法国数学家雷内•汤姆(René Thom)提出突变论(1972)年，西德物理学家哈肯(Hermann Haken,1927-)的协同学(1974年)和苏联学者乌也莫夫(A. N. Yемов)的参量型变系统理论等。这些系统论科学，例如协同学凿通了开放系统与封闭系统、平衡态与非平衡态之间的森严壁垒，解决了系统稳定性与目的性的具体机制题。所谓协同，就是构成系统的要素或子系统之间的协调和同步作用。协同学着重研究的是结构。结构的稳定性取决于系统的有

序度，而系统的有序度又取决于要素的协同性。协同作用的研究是从物理学开始的，后来引向了化学和生物学，近来又扩展到社会经济学的领域。协同学揭示了无论是自然、人体、还是社会都是从混沌走向有序的过程，都处于有序和无序、协同和竞争的对立统一之中。协同学高度揭示了自然科学和社会科学的统一。

信息论、控制论、系统论三者也是统一的，信息论是最基层的，牵涉一切信息编码的问题，控制论是探讨信息联系的网络，而系统论是从总体的更高层次看问题。

信息论、控制论、系统论是继相对论和量子力学之后，又一次彻底改变了世界的科学图景和科学的思维方式。而在70年代以后，整个系统科学由于以下十个方面（其中有的前面已叙述到）的发展而大大推进了一步。这十个方面是：耗散结构理论的发展，特别是自组织系统理论；协同学（协同作用学说）；突变理论；微循环论；超循环论；混沌理论；流形学说；模糊数学；相互作用统计力学；非平衡统计热力学。这些崭新的科学方法和近代自然科学发展中的再度整体化趋势（高度分化的基础上的再度综合）是现代科学发展的一个重要特征和趋势。

在相当长的时期里，人类的知识只分成法学、神学、医学和哲学四大类。因此，除了法学、神学和医学以外的一切知识、学科都总称之为哲学。早期的自然科学，学科门类较为简单，而现代自然科学的学科划分越来越细，分支越来越多，加之学科之间互相渗透，相互交叉产生了许多边缘学科，目前学科门类已经超过2000门。1746年版的《大英百科全书》，只由两名科学家编写，而1967年版的《大英百科全书》则是一万名专家共同劳动的结晶。据美国国家研究委员会和联合国教科文组织的统计表明：当代基础科学已有500个以上的主要专业，技术科学则有412个专攻领域。美国学术宣传出版社出版的《1972年科研进展》一书所刊载的自然科学的科研课题，达257000个之多。

人们对世界的认识，在开始时是整体性的认识，以后由于认识逐步深入，而分门别类地研究客观世界；但是发展到一定程度，部门之间的联系逐步显现出来，事物本来的整体性逐步显现出来，因此在学科高度分化的同时，又伴随着综合探索的趋势，出现在高度分化的基础上再度整体化的趋势。如在数学领域，19世纪后期，德国数学家克莱因(Felix Klein,1849-1925)提出用"群"的观点来统一各种几何学的厄兰格纲领(Erlanger Programm)；19世纪末20世纪初，出现了公理化运动，以公理系统作为数学统一的基础；20世纪20年代美国柏克霍夫(George David Birkhoff, 1884-1944)用"格"来统一代数系统的新理论；30年代法国布尔巴基(Bourbaki)学派，除了继承公理化运动外，又提出结构概念，把数学的核心部分统一在三种结构，(代数结构，拓朴结构，序结构)概念之下，使之成为一个整体；与此同时美国的麦克莱恩和艾伦伯格提出"范畴"与"函子理论"，作为统一数学的基础。

在现代物理学的研究领域中，从30年代开始，人们逐渐认识到自然界的基本相互作用除了引力相互作用和电磁相互作用外，还存在着作用距离极短的弱相互作用和强相互作用，于是就开始探索用统一的理论和方法，把自然界的四种作用统一起来。

生物学发展成了两大类，功能生物学和进化生物学，前者表征了生物学的分化，而后者则表征了生物学的综合。

这种科学技术发展整体化的趋势有以下几个具体表现：

(1) 门类繁多的边缘学科的出现；(2) 日益增多的综合性科学的出现；(3) 横断学科的产生；(4) 现代科学和现代技术综合一体化；(5) 现代自然科学和社会科学间相互渗透的加强。

科学技术的综合统一和再度整体化的趋势是各种思维方式、研究方法一体化的结果，如对非线性的复杂系统随时间变化而运动的规律，就用系统动态方法来研究。18世纪时，科学家贯用的

化繁为简，单一因果关系的分析方法，虽然能用方程来描述，有时比较有效，但思想方法形成了拉普拉斯决定论。现在科学技术整体化发展趋势迫使人们把自然界当作相互联系和相互影响着的整体来研究，迫使人们按照唯物辩证法的观点来观察和研究问题，从而在人们的思想领域里要强调辩证思维能力，强调辩证逻辑理论的研究和应用。

60年代以来，全世界的哲学、逻辑学、数学方面的科学工作者和其他科学家都开始重视辩证法和辩证逻辑的研究（当然名称不一定叫辩证逻辑）。

在苏联，1967年苏共中央作出的有关整个哲学社会科学的决议中，把"探讨唯物辩证法"规定为苏联哲学工作者的主要任务。十几年来，虽然几易其帅，任务未能完成。但他们对辩证法、辩证逻辑和科学方法论的研究也是取得一定的进展的，并出版了许多专著。苏联科学院院士、著名哲学家 M. Б. 米丁 80 岁生日时(1981年)，在回答《哲学问题》杂志编辑部提出的现代哲学科学的任务问题时，也强调了研究辩证逻辑的重要性⑯。1982 年 9 月，苏联举行了第八届全苏逻辑学与科学方法论会议，讨论：科学的哲学基础；科学的结构与发展，科学方法论的系统方式；逻辑学与数学基础；模态逻辑与内包逻辑；自然语言的逻辑分析等问题。波兰、罗马尼亚、德意志民主共和国等国家的科学工作者也积极开展辩证逻辑和科学方法论的研究工作，也出有若干专著。

在西方资本主义国家（主要在西欧）中，60 年代到 70 年代崛起一派"新马克思主义"，开始他们主要是讨论对《资本论》和马克思的早期著作的理解；后来涉及到"资本论的逻辑学"，于是展了关于马克思的逻辑学的讨论。同时从 60 年代起西方各国掀起学习黑格尔和辩证法的热潮。从 60 年代起，特别是 70 年代，美国的逻辑学界也开始辩论辩证逻辑的问题；在《今日苏联的意识形态》、《圣母院形式逻辑杂志》、《苏联思想研究》等

杂志上都刊载了讨论文章。日本的译田久茂在其多卷本《哲学讲座》的第十卷《逻辑》中提出把逻辑学扩展成人类知识、文化的方法的设想，来解决辩证逻辑需要解决的问题。1960年第一次举行了有东西方许多国家的有关科学家参加的“逻辑学、方法论和自然科学哲学问题”的国际讨论会(International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science)。以后，每隔4年左右举行一次这种国际性会议，并出版会议论文集。1983年7月在奥地利萨尔茨堡举行了第七次“逻辑学、方法论和自然科学哲学问题”的国际讨论会。

上述情况说明科学的发展既为辩证思维的作用提供了证认，也对辩证思维的形式、规律和方法的研究提出了时代的要求。

注：

①恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第17页。

②《列宁全集》第38卷，第357页。

③恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第201页。

④同③，第219页。

⑤黑格尔：《自然哲学简译》、《自然哲学》，商务印书馆1980年版，第viii页。

⑥同①，第18-19页。

⑦马克思、恩格斯：《神圣家族》，《马克思恩格斯全集》，第2卷，第64页。

⑧同①，第19页。

⑨同③，第170页。

⑩同③，第3、28、29页。

⑪同①，第23页。

⑫爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，上海科技出版

社 1979年版，第216页。

⑬武谷三男：《现代物理学和认识论》，《武谷三男物理学方法论论文集》，商务印书馆 1975年版，第74页。

⑭转引自《自然辩证法讲义》，人民教育出版社，1979年版，第384页。

⑮贝塔朗菲：《普通系统论的历史和现状》，见《国外社会科学》1978年第2期。

⑯Беседа с Академиком М. Б. Митиным, «Вопросы Философии» 5, 1981, СТР. 139。

第三节 辩证逻辑的研究对象和内容

辩证逻辑是从思维的辩证性的角度去研究人类特别是近代人思维的形式、方法和规律的科学，相对于形式逻辑，"它包含着更广的世界观萌芽。"①

一、辩证逻辑的对象、内容、特征

辩证逻辑也是以思维作为其研究对象的，它主要研究辩证思维的形式、规律和逻辑方法。

辩证逻辑是反映世界万事万物普遍联系的最一般的思维形式。如"S是P"这个思维形式，只要给S和P代入内容即可，这点对任何逻辑学，不管是形式逻辑还是辩证逻辑都是一样的。辩证逻辑首先也要研究思维形式（辩证思维的形式）。但是辩证逻辑是人类思维历史发展的缩影，是人门正确认识客观事物的思维过程的一般模式。因此，辩证逻辑研究的思维形式和规律，是指那些辩证思维的形式如何在思维中表达运动，如何在概念范畴发展的历史中舍掉全部偶然因素，而把必然的东西抽出来组成一个有序的东

西。辩证逻辑总结出来的思维规律与其他思维科学（如心理学、神经生物学等）得出的思维规律不同，它是具有世界观、方法论意义的一般规律。把关于思维规律的理论弄清楚了，它们就转化为我们达到正确思维的逻辑方法了。所以辩证逻辑既是世界观又是方法论；既是逻辑理论又是逻辑方法，它是世界观和方法论、理论和方法的统一。辩证逻辑研究的逻辑方法，主要是指抽象上升到具体、历史的和逻辑的相统一等由低级向高级发展、演变的思维方法。不仅从发展的观点研究逻辑的范畴与规律，而且还要从历史的角度探索其演变过程，才是辩证逻辑的任务。

辩证逻辑的任务决定了辩证逻辑研究的内容比较广泛，主要有这样三个方面：第一，辩证思维的形态和形式。形式逻辑主要是研究思维形式的结构，研究概念、判断和推理等思维形态；辩证逻辑研究概念、判断、推理这些形式逻辑思维形态的辩证运用问题，研究辩证思维独有的范畴、悖论、理论等思维形态，以及这些思维形态的形式化、数学化问题。第二，辩证思维的规律。辩证思维的规律是保证思维形态、形式的辩证法符合客观事物的辩证法所必须遵守的法则，也就是研究思维要遵守什么样的规律才能做到主观符合客观和保证思维形式和思维内容达到辩证的统一。形式逻辑的规律则只是保证思维具有确定性、不矛盾性、首尾一贯性、有论证性的作用，其特征是无矛盾性。辩证逻辑规律的特征是承认矛盾和逐步解决一部分矛盾。第三，思维方法。辩证逻辑的思维方法是对辩证思维发展过程的横向剖析，通过对形式逻辑方法的辩证运用，使归纳与演绎相统一、分析与综合相统一，以及研究辩证逻辑特有的逻辑方法，即具体与抽象相统一、从抽象上升到体具的方法和历史与逻辑相统一的逻辑方法。辩证逻辑研究如何运用这些逻辑方法来保证人们正确运用辩证思维的形式和规律，达到真理性的认识。辩证思维的形态形式、规律和方法这三个部分是相互渗透、互相联系的，并从这种联系和渗透中构成

辩证逻辑的完整体系。

从上述辩证逻辑的研究对象和内容中，可以看出辩证逻辑的特征就是：一、它是辩证的；二、它是逻辑。具体来说它具有以下三个特征

1．辩证逻辑不把思维活动看作彼此隔离、互相孤立的现象，而是把它看作有内在联系的统一整体，其中各个因素是相互联系、相互制约的。辩证逻辑不把思维现象看作静止不变的，而是把它看作不断运动、变化、发展着的。

正是这一特征使辩证逻辑与其他逻辑科学（如形式逻辑、数理逻辑等）区别开来。

2．辩证逻辑是研究主观辩证法，而不研究客观事物的辩证法。

正是这一特征使辩证逻辑与其他辩证法科学（如自然辩证法、历史辩证法等）区别开来。

3．辩证逻辑是认识的工具，是一门工具性科学。

正是这一特征表明了辩证逻辑也是最一般的科学方法论。

二、辩证逻辑和形式逻辑

形式逻辑和证辩逻辑是从不同的方面来研究思维的，从研究的对象上来说是彼此有区别的两门科学。

思维以自己的内容和形式反映外部世界。从内容方面来说，思维可以对现实作出真实的或虚假的反映。从形式方面来说，思维可以是逻辑上正确的或不正确的。人们认识世界的思维过程就具有真空性和正确性这两个必要的方面。

客观上，人类的思维只有在具有逻辑上正确的思维形式的条件下，才能在内容上真实地反映现实。这样，就产生了从思维的逻辑正确性方面来研究思维的需要。思维在逻辑上的正确性是真实

地认识世界的完全必要的条件，因为思维的内容是流动的、不稳定的，而思维发展的历史过程中形成的一般思维形态和形式则是稳定的，因此人们的注意力容易集中于研究思维的形态和形式这一方面，何况这一方面也确实是获得真实知识的必要前提，这样就产生了从逻辑正确性方面研究思维及其规律和形态的形式逻辑。

形式逻辑所研究的只是决定思维的正确性和思维的形态结构的那些真实思维的条件，形式逻辑不管思维的具体内容而研究正确运用思维形式的规律。形式逻辑的规律确定思想和思想之间正确联系的客观条件，没有这些条件，就没有正确的思维。这些规律不是决定思维内容同现实的符合程度的规律。但由此不能得出结论说，形式逻辑的规律没有它本身的内容。刚好相反，它们是有完全肯定的客观内容的，因为它们表现着正确思维过程中的联系，这种内容十分清楚地反映在形式逻辑的基本规律（同一律、矛盾律、排中律和充足理由律）中，所有这些规律都是人们正确思维必须遵循的客观规律。形式逻辑在人们思维活动中起着极为重要的作用，它是辩证思维的条件，人们的思维活动不能违反形式逻辑的规律。

当然，也不能过分夸大形式逻辑的作用。形式逻辑是简单证明的工具，也是获取新的知识的方法，但是他很不充分，有局限性，不具备普遍的认识方法的意义。

辩证逻辑也是寻找新的知识、从已知进到未知的方法。但它是处在较高的阶段上，它是认识和改造世界的唯一正确的科学方法。辩证逻辑是关于思维的辩证学说。和形式逻辑一样，证辩逻辑也是研究人类思维的历史实践所制定的思维形态和形式，但它对思维形态的分析要比形式逻辑深刻得多，并且从历史上和逻辑上说来，它都表现为思维形态看法上的新的更为高级的阶段。辩证逻辑是密切联系内容来研究思维形态和形式的，所以逻辑形式本

身在这里呈现为充满内容并同内容符合一致的，它不仅结构上是合乎逻辑地正确，而且也是真实的。形式逻辑是从思维形态的结构，从其结构形式的分类以及结构形式间确定的真假关系方面来研究概念、判断、推理等思维形态及其规律。辩证逻辑是从反映着现实发展的思维形式间的从属关系和其辩证关系方面来研究范畴、悖论、理论等思维形态及其规律，它不仅要考虑思维在逻辑上的正确性，而且更要考虑真实性，要考虑思维是否符合客观现实以及符合的程度如何。

列宁在《再论工会、目前局势及托洛茨基和布哈林的错误》中，把辩证逻辑的本质及其与形式逻辑的区别归结为以下四点："辩证逻辑则要求我们更进一步。要真正地认识事物，就必须把握、研究它的一切方面，一切联系和'中介'。我们决不可能完全地做到这一点，但是全面性的要求可以使我们防止错误和防止僵化，这是第一。二，辩证逻辑要求从事物的发展，'自己运动'（象黑格尔有时所说的）、变化中来观察事物……第三，必须把人的全部实践——作为真理的标准，也作为事物同人所需要它的那一点的联系的实际确定者——包括到事物的完满的'定义'中去。第四，辩证逻辑教导说：'没有抽象的真理，真理总是具体的'……"②

具体地说辩证逻辑与形式逻辑是既有区别又有联系的，不管形式逻辑还是辩证逻辑都是研究思维、思维的形态形式以及思维的规律性，因此在某种程度上两者的对象又有相同的一面，尽管形式逻辑不能分析高级的、复杂的思维形式。辩证逻辑和形式逻辑之间的决定性区别是在于，它们的目的和任务不同，因而在研究思维活动时所采用的方法也不同，它们间的主要区别在于：

第一，形式逻辑是以固定范畴（"常量"的逻辑范畴）建立起来的逻辑学说，形式逻辑不分析思维形态（概念、判断、推理）的根据和条件，而把它们看成既成的东西。辩证逻辑是以流动范

畴（“变量”的逻辑范畴）建立起来的逻辑学说。辩证逻辑的任务在于使形式逻辑所考察的固定的、表面的、形式的联系运动起来，深化起来，并从认识论的角度来加以说明。“常”和“变”的差别是形式逻辑和辩证逻辑的最要主的区别。

第二，同是研究思维形态，但研究方法却大不相同：形式逻辑的研究结果只是列举各种判断和推理的形式，把它们当作毫无内在联系的东西给予排列。辩证逻辑研究的结果是揭示各种判断形式和推理形式之间的辩证关系，把握它们的发展和变化以及概括出辩证思维特有的思维形态。形式逻辑的方法（如定义方法，确定因果联系的方法等）都不是从历史发展中来反映现实。辩证逻辑的研究方法是要指出如何来达到揭示现实的历史发展。

第三，形式逻辑的研究方式基本上是撇开思维的内容，撇开思维的运动发展，抽象地、“纯形式”地描述人的思维，是对人们既成的、凝固的、间断的成果进行抽象、概括和加工。辩证逻辑是认识的深化运动，从反映客观真理的程度如何着眼，研究各种判断形式和推理形式的地位和价值，研究人类的理性认识从范畴出发经过演绎得出命题和与具体经验相结合发现矛盾，产生悖论，再经过知识的校订、证实或证伪达到理论这个结论和新的认识起点相统一的环节的思维过程中，各环节的思维形态、形式。辩证逻辑是认识的理论，它必须对整个认识的历史进程给予概括和总结，是对人类认识史的概括和总结，它要从认识发展的辩证过程中来考察思维的形态和规律。形式逻辑是以日常生活范围内的实践来检验真理性的，而辩证逻辑的认识对象是人类的全部实践。

第四，形式逻辑把自己的主要注意力放在说明知识的结构，放在知识的“解剖”上，相反，辩证逻辑则把真理解释为一个过程，在历史上发生和和发展的，并在自己的发展中依次地经历着一定阶段的知识。在形式逻辑中主要是研究“推理”这种思维形态，“概念”、“判断”都是为“推理”服务的。在辩证逻辑中

主要是研究范畴的运动发展，如果把范畴相对于概念来讲，那么这里的“概念”是“具体概念”，不是像形式逻辑那样单纯地研究概念、范畴的形成，而是研究概念、范畴的矛盾运动，概念、范畴通过命题、悖论和证实证伪得出理论（新范畴）。

第五、辩证逻辑与形式逻辑的区别，不仅在于研究的思维形态、形式不同，而且还在于要在思维内容中再现被研究的对象的辩证法。因此辩证逻辑除了与形式逻辑一样要研究“概念”、“判断”、“推理”这些基本思维形态，而且还要研究辩证思维所独有的形态。还要运用从抽象上升到具体的方法，来分析概念、范畴的表现形式和运动形式。

此外，我们还要看到形式逻辑与辩证逻辑的区别和联系与人类思维过程中理性阶段的知性思维与理性思维两个阶段的区别和联系是直接相关的。知性思维是在感性认识的基础上建立抽象的普遍性，坚持其固定分明的界限，在抽象同一原则的指导下，保证思维的明确性与一贯性。而理性思维则是在知性思维基础上进一步发展到更高的阶段，它溶解抽象普遍性的固定分明的界限，使概念在辩证运动中与客观现实相符。

概念、范畴的关系，就是展开了的概念、范畴以及概念、范畴的运动和发展，这种概念、范畴运动发展的辩证法构成了辩证逻辑的主要内容。

抽象概念在思维过程中是必不可少的一个重要步骤和阶段，概念这一思维形态，在日常思维和辩证思维中有着不可分割的联系。但抽象概念是在理性认识的知性阶段，在形式逻辑范围之内研究的思维形态，而具体概念是在理性认识的理论阶段，在辩证逻辑范围内研究的思维形态。它们各有各的长处，各有各的专职，是概念发展中不可分割、不可分离的两个阶段，在实际思维中是交错进行、密不可分的。

辩证逻辑是用一系列本身就是一种深刻的思想的逻辑范畴来

构成的体系，当然不再是知识性思维那种以对象同其属性之间的含属关系为依据建立起来的无内容的格式和规则的集合，而是一种概括了“其他一切知识的根本内容”③的思想模型，这种模型是理性思维高度发展的结晶，又反过来指导人们自觉地进行正确的理论思维。因此辩证逻辑的主要作用不是推理和证明，而是指导人们按着一定的理论程式去有效地揭示辩证地存在和发展着的外部世界的规律性。

知性同理性的区别决定了式形逻辑和辩证逻辑的不同的认识论意义，如果说式形逻辑只保证了思维在理论上的正确性（即所谓合手逻辑）的话，那么辩证逻辑则进一步保证了思维在认识论上的正确性（即合手唯物辩证法），这样就为最后使思维获得科学上的真理性（即符合客观事实）提供了更充分的条件。

理性思维并不否定知性思维，而是吸收了它，包含了它，使它发展到更高的阶段。形式逻辑是知性阶段的逻辑，辩证逻辑则是理性阶段的逻辑。

形式逻辑不研究辩证逻辑的内容，而不是否定它，所以形式逻辑与形而上学不一样。辩证逻辑并不取消形式逻辑，而只使形式逻辑的规律失去了形而上学者强加在它们之上的绝对意义。辩证逻辑不是简单地抛弃形式逻辑，而是吸收了它的正确内容，犹如高等数学吸收了初等数学的内容一样。辩证逻辑是对形式逻辑的扬弃，它扬弃形式逻辑的空洞的名词而探索概念的两极对立与转化，它扬弃形式逻辑的僵死的程式而研究过程的推移，它扬弃形式逻辑的孤立平行的格律而将它们看成是相互联系，发展上升的前进运动。罗马尼亚逻辑学家瓦尔特认为：“辩证逻辑的规律依靠基本逻辑的规律，但是不包含它们。辩证逻辑的规律表现基本逻辑的规律，但是不吞没它们。”④

形式逻辑与辩证逻辑的统一，也是从思维形式上反映客观事物的静态与动态的统一。在人机系统中，人作为一个操纵者，不

断地从显示器得到关于机器运行状态的信息，并通过大脑对这些信息进行加工，做出相应的决策，从而发出调节机器，使其向期望的运行状态逼近的控制指令。操纵者的思维过程就是一个典型的形式逻辑与辩证逻辑相统一的思维过程。当操纵者开始控制机器时，由于他对所控制的对象缺乏足够的认识，控制效果就很差，甚至使机器失去控制。当他逐步了解、熟知了机器的运行规律以后，他就能运行自如地控制了。具体说，操纵者首先从感性到理性地掌握机器运行规律，从而将经验上升为理论，得知他发出控制动作的方向应该相应于两种状态的差值的方向（即误差信号的正负）。最后，他不但能根据误差信号的正负决定控制方向，而且能根据显示信号的动态变化决定相应的调整量。这种思维发展过程典型地说明证辩逻辑是在形式逻辑的基础上发展起来的，辩证逻辑并不是取消形式逻辑，而是在形式逻辑的基础上发展到更高的阶段。

注：

①恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第 132 页。

② 《列宁全集》，第 32 卷，第 83-84 页。

③ 《列宁全集》，第 38 卷，第 98 页。

④Henri Wald: 《Introduction to Dialectical Logic》 1975, p.122。

第四节　辩证逻辑是最一般的科学方法论

从逻辑学的研究对象和逻辑学的任务来看，逻辑学教给我们进行思考的方法，它是科学方法的理论。辩证逻辑指导和统帅一切科学方法，它是属于哲学方法的最高层次的科学方法。学习和掌握辩证逻辑能帮助我们更加自觉、更加正确地运用各种科学方法以达到对自然规律的正确认识。

一、任何逻辑学都是方法论

方法一词在希腊原文是“沿着正确的道路运动”的意思，由沿着（$\mu\varepsilon\tau\alpha$）和道路（όδόs）两词组成，是指某种步骤的详细说明，这些步骤是为了达到一定的目的而必须按规定的顺序进行的。这些步骤的性质及其说明的详细程度取决于寻求的目的以及达到该目的的手段的多样性。我国古代是把“方”作为“法”（易径）和“术”（左传）来解。韩愈说：“为之奔走经营，相原隰之宜，指授方法”。方法可以看作是在任何一个领域中的行为方式，是用来达到某种目的的手段的总和，所以方法是求得知识的手段，它是凝固的知识，也是求得新知的开端。方法是一个有意义、有目的的运用某一理论原理的过程。任何理论，只要能正确地反映客观现实，并且变为获得新知识的工具或手段，能成为从已知到未知的手段，就成为科学研究的一种方法。

关于方法的思想是历史地变化的，大体上可分为三个时期：（一）认识世界的一般原理（古代哲学）；（二）对自然界的某种特殊认识，即科学认识的原理；（三）从人们成功的科学认识的实践中抽象出来的原理（近百年间）。第三时期与第二时期不同，它不是先验地存在的，而是从科学研究的经验中得到的。例如牛顿在叙述研究自然规律时的推理法则时，指出了四个规律：

第一规律。求自然事物之原因时，除了真的及解释现象上必不可少的以外，不当再增加其他。

第二规律。所以在可能的状况下，对于同类的结果，必须给以相同的原因。

第三规律。物体之属性，倘不能减少亦不能使其加强者，而且为一切物体所共有，则必须视之为一切物所固有之属性。

第四规律。在实验物理学内，由现象经验归纳而推得的定

理，倘非有相反的假设存在，则必须视之为精确或近于真的，如是，在没有发现其他现象将其修正或容许例外以前，恒当如此视之。①

从牛顿的这些规律，可以总结出科学方法的定义。这样一个定义对任何科学问题的解决都要求：第一，专心于观察事实；第二，为了描述被观察到的一般特征要给普遍的类型下一个精确的定义；第三，对表述一般规则的普遍定律进行归纳的概括；第四，采用解释性假说；第五，将假说的推断与归纳的概括仔细比较，当推断与归纳的结论相抵触的时候，放弃这些假说的推断；第六，把经受了检验的假说用公理方法组织起来，而理论的其余部分则作为公理的推论。

方法论(Methodology)不是方法，也不是方法的总和，而是一种学说、理论，即关于方法和诸方法的科学。方法论是关于认识现实和改造现实的方法的哲学学说，是把世界观的原则运用于认识过程，运用于总的精神创造及实践。哲学家们在全面总结科学与创造的发展基础上，不仅制定一定的方法，而且提出了这些方法的理论根据，说明它们在认识方法体系中的地位以及不同科学的方法的相互联系。所以方法论不包括诸方法，而是把它们当作研究和解释的对象。方法论研究构成方法的条件，构成方法的要素和原理（如对叙述的简单性要求），各种科学方法在整个方法体系、层次中的地位和作用，以及提出分析科学知识的方向。方法论是研究科学认识的方法和形式的认识论。法国天文学家拉普拉斯(Pierre Simon Laplace,1748-1827)在他的科学名著《宇宙体系论》中强调研究自然科学中方法论的作用时说："认识一位天才的研究方法，对于科学的进步……并不比发现本身更少用处。科学研究方法经常是极富兴趣的部分。"②

如果把方法看成是沿着某种道路进行活动的科学总结，方法就带有指令性质。但是随着科学的发展，单靠方法论的指令性已

经不够了。其实，即使对物理学来说，方法中关键的一步，也只是在表面上包含在指令里。传统的科学方法是用有关的没有被观察到的事物和性质（例如力，以及后来的基本粒子）来解释被观察到的事件。19世纪时奥国哲学家、物理学家马赫，(Ernst Mach,1838-1916)等认为科学只是对世界的一个精确的和经济的描述,它的实际任务是使科学家能够作出预言。在马赫看来,只要预言被证实的概率很大，科学家用什么方法做到这一点是无关紧要的。分析复杂现象的黑箱理论，几乎没有保留传统的科学结构和方法，但不能说它是非科学。所以马赫的感觉论有重要的方法论意义。以操作主义著称的物理学家帕西•威廉斯•布里奇曼(P. W. Bridgman,1882-1961)提出一种方法论学说,根据这种学说，科学理论中使用的概念必须通过科学家测度它们的量值时的实际操作来定义。于是在爱因斯坦(Albert Einstein,1879-1955)那里，同时性概念就通过下述方式来定义：某个观测者同时接收到和他等距离的两点分别发出的光讯号，说明这这两个讯号是同时发生的。只作为方法论考虑的倾向，是现代科学领域中工作的特征。皮埃尔•杜桓(Pierre Duhem,1861-1916)和朱利斯•亨利•彭加勒(Henri Pincare,1854-1912) 的约定论对学科家实际上是否接受一个理论没有什么影响，关于理论的归纳法和假说——演绎模型之间的传统争论同样也没有什么影响。这种争论，现代已演变成以一种过分简单化的形式表现出来的两种观点的对抗。一方是卡尔纳普(Rudoff Carnap,1891-1970)的归纳逻辑，它认为科学命题中最重要的是它们能够以手头证据为基础得到证实。另一方是波普尔(Karl Popper，1902-)的理论，它认为科学命题中最重要的是它们可能被（虽然不是实际上已被）证伪。这是关于“概率”意义的辩论而不是关于科学家在解决他们的问题时所采取的各个步骤的辩论。

在更严格的意义下，方法论并没有退出科学认识领域，重要

的方法论研究工作继续在进行，例如：统计推论、处理大量数据的技术、判决理论等等。但是方法论的哲学内容已经发生变化：探寻一个唯一的科学方法已不再象过去那样急迫，科学方法是一个逻辑结构和经验观察的混合物，两者的比例因学科的不同而不同，这两个因素有很复杂的证辩关系。

唯物辩证法的作用之一就是方法论，逻辑学也能起方法论的作用，是一种科学方法论。

“任何科学都是应用逻辑”③，因为任何一门科学理论就是这门学科的基本概念、范畴的体系，就是以基本概念、范畴或公理为理论的出发点，作出各种科学原理的判断、命题，再用推理的形式导出引理、定理、定律等各种结论。所以逻辑学是贯串于各门科学理论之中，为任何一门科学所必须应用的基本方法，逻辑学是最一般的科学方法论。各个时代的逻辑学是各个时代的科学思想方法论的结晶。

古希腊的科学思想是以演绎法为出发点的。从泰勒斯(Thales约公元前624-547)到德谟克利特探究宇宙的本原时都是应用演绎法，到亚里士多德时的《工具论》时完成了以演绎法为主的形式逻辑的整个体系，也为以后科学研究中采取精密的研究方法开拓了道路。随着近代科学的兴起，逻辑学就直接以科学方法论的面目出现。培根在《新工具论》中提出归纳逻辑就是以新的方法论来武装科学家的思想，用培根的话来说是点燃一支腊烛来照亮科学前进的道路。笛卡儿的《方法论》特别重视演绎法和数学方法，因此被称为数学演绎法或理性演绎法，它在科学研究方法上就表现为从部分求解整体的还原法。洛克的以感觉经验论为哲学基础的经验主义方法论是自然科学的以分析法为主的实验科学方法论的逻辑学结论。康德的先验逻辑是企图解决思维形式与认识内容的矛盾，用后天的经验来与先天的范畴相印证。康德的“二律背反”反对了以两个矛盾判断不可以同时存在为中心的形而上学思

想，而为辩证逻辑的方法论开了先声。黑格尔批判了康德的形式主义逻辑思想建立了唯心的辩证逻辑系统。马克思主义产生，使从康德开始的复归到辩证法过程中产生的辩证逻辑萌芽发展到开花结果的境地，马克思主义哲学——辩证唯物主义建立的目的也在于提供给无产阶级一个认识世界改造世界的科学的方法论。它既是社会、阶级斗争的产物，也是19世纪以来自然科学新发展的思想总结。所以任何逻辑学都是一种方法论、一种科学方法论。哲学对自然科学的指导作用，具体体现在用一定的哲学观点总结自然科学的研究成果和方法，又以一定的思维方法去影响自然科学的研究方法。所以逻辑学与科学方法论是哲学联结自然科学的两根纽带。

在科学研究中，逻辑学能促进一般科学方法的技术、形式的发展和完善。在近代自然科学的发展中能从以下三方面来分析科学知识：（一）研究科学知识的结构，这些研究把术语、命题、连接词等等列为结构的要素；（二）是研究获得知识的方法——归纳、演绎、模型、外推等等；（三）是研究检验知识的方法——可证实性、可证伪性、真理性、虚假性、意义、作用等等。

在科学方法论的层次中，大体上来说，可以分为四个层次：各门具体科学（自然科学、社会科学和思维科学）中的各门具体实证科学的特殊方法，如光谱分析法、比色法等；各门科学（自然科学、社会科学和思维科学）的一般研究方法，如自然科学研究中的实验方法、观察方法，社会科学研究中的调查研究方法等；科学的一般方法，即不仅是各门自然科学、社会科学、思维科学中的一般研究方法，而且对所有的科学都有方法论作用的中间层次方法；哲学方法，即在世界观和方法论相统一的最高层次的方法。形式逻辑与数学方法、系统方法、理论化方法、形式化方法一样，属于适用于任何科学的一般方法这个层次；辩证逻辑则属于哲学方法这个最高层次。

二、学习辩证逻辑的意义

人们并不是先学会了逻辑学才能正确思维的；相反，逻辑知识本来就是从人们的思维与语言表达实践中总结出来的，正如我们并不是先学会了生理学才会进行呼吸等生理活动，而生理学却是研究了人们的生理活动后总结出来的一样。人本来就具有思维能力，能够思考、推理，一个没有学过逻辑学的人，通过长期的思维与语言表达实践，也都能逐步模索和积累一定的正确运用思维形式的经验，或者说，也都能凭实践经验逐步把握一定的逻辑知识。不过没有学过逻辑学的人，不可能自觉地掌握思维的形式和规律，自觉地运用思维形式和规律来正确思维。

辩证逻辑也是这样。辩证法是人类全部认识所固有的，即使人们不懂得辩证逻辑的理论，也能自发地进行辩证的思维，如果他们对客观现实的变化发展有所认识的话。“人们远在知道什么是辩证法以前，就已经辩证地思考了，正象人们远在散文名词出现以前，就已经在用散文讲话一样。”④这毫不奇怪，人们不是在没有建筑学以前就已懂得怎么盖房子了吗？然而，如果人们要从自发的辩证思维提高到自觉的辩证思维，那就应当懂得并应用辩证逻辑。辩证逻辑不仅仅阐明辩证思维的形式、规律和方法，而且同时教导人们自觉地、更有效地进行辩证思维。

“甚至形式逻辑也首先是探寻新结果的方法，由已知进到未知的方法；辩证法也是这样，只不过是更高超得多罢了。”⑤辩证逻辑与形式逻辑一样，首先也是探寻新知识的方法，是认识世界和正确表达思维的工具。逻辑学这一正确思维的工具，对于科学家、科学研究工作者来说尤其重要，这是许多科学家有切身体会的。如达尔文认为“不善于合乎逻辑地思维”是自己的一大缺点，爱因斯坦说，“整个科学不过是日常思维的一种提炼。”⑥“科学

家的目的，是要得到关于自然界的一个逻辑上前后一贯的摹写。逻辑之对于它，有如比例和透视规律之对于画家一样。”⑦这是因为一切科学工作都不免要做概括和抽象的工作，所以所有从事科学研究工作的人，都要学会“运用这些概念的艺术”，而“在涉及概念的地方，辩证的思维至少可以和数学计算一样地得到有效的结果。”⑧可见，合乎逻辑地思维是科学家、科学研究工作者必须具备的科学素养。

事实上，整个自然科学发展史都与逻辑密不可分。如古希腊的著名学者拍拉图就认为，要使人善于合乎逻辑地思维，非有几何学的基础不可；因而相传他在自己的学院门口挂了一块牌子，上面写着“不懂几何的人，请勿入内。”古希腊最博学的亚里士多德同时也是逻辑学的奠基人。从培根开始的近代自然科学，在其发展的各个转折点，都有逻辑学的重大创见为其先导（如培根的归纳逻辑，笛卡儿的数学演绎法，亚诺德•尼可尔的《波尔•罗亚尔逻辑》，穆勒的科学逻辑，罗素的数理逻辑等）。特别是近代科学发展的状况，如同前述是对辩证思维的论证，科学的发展要求研究工作者具有较强的辩证思维能力。近代有些知名的科学家就是因为缺乏这方面的素养，未能达到本来可以达到的成就而抱恨终身，如量子论的创始人普朗克(Max Karl Ernst Ludwig Planck，1858-1947)；或者在科学上的新事物面前惶惑不解，后悔没能在这些新事物出现以前死掉，如电子论的创始人洛伦兹(Hendrick Anteon Lorentz，1853-1928)。随着近代科学的发展而崛起的新兴科技部门更是与逻辑学密不可分。例如数理逻辑从40年代起，已用于电路开关设计，到了50年代它进一步成了控制论，特别是理论控制论的基础理论之一。在计算机科学中无论在结构线路设计（硬件）方面，还是程序设计（软件）方面，都需要一定的逻辑素养作基础。此外，我们的时代是知识激增（知识爆炸）的时代，科学知识陈旧率迅速提高，迫使科学工作

者必须革新学习和研究的方法。这种革新包括着要求科学工作者从获取信息发展到筛选信息，并要善于从逻辑上来说明各种科学假说、解释和科学陈述与科学事实之间的关系，说明新科学概念、范畴如何引进各个学科，说明一种理论到另一种理论的过渡和新旧理论之间的逻辑联系。近代自然科学的这种发展趋势也向一切科学工作者提出学习和应用辩证逻辑的迫切要求。

逻辑学在科学研究工作中的地位，已为全世界所承认，逻辑学已成为名列前茅的基础理论科学。英国大百科全书把逻辑学列为基础理论的第一位；联合国教科文组织公布基础技术学科的名次，逻辑学名列第二，仅次于数学。今天，在一切经济发达的国家中，不论其社会制度如何，都在中学开设形式逻辑课程，在大学开设各种逻辑学和逻辑学与科学方法论的课程。我们，作为现代的科学工作者，必须认真学一点逻辑学，尤其是辩证逻辑。

注：

①牛顿：《自然哲学之数学原理》，商务印书馆1962年版，第 692-695 页。

②拉普拉斯：《宇宙体系论》，上海译文出版社，1978年版，第 445 页。

③《列宁全集》第38卷，第 216 页。

④恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第 140 页。

⑤同④，第 132 页。

⑥爱因斯坦：《物理学与实在》，《爱因斯坦文集》第 1 卷，商务印书馆 1977 年版，第 341 页。

⑦爱因斯坦：《因果性和自由意志问题》，《爱因斯坦文集》第 1 卷，商务印书馆1977年版，第 304 页。

⑧恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第70页。

第二章　思维规律与存在规律是一致的

第一节　马克思主义的思维观

逻辑学是一门思维科学。辩证逻辑是以人类、特别是近代人的辩证思维为研究对象的。为了能够正确掌握辩证逻辑关于思维形态、形式、规律和方法的学说，有必要扼要地弄清楚思维的起源、作用、本质和特点；弄清思维活动的纵向发展过程，特别是理性认识的“悟性”和“理性”两个阶段的区别和联系。思维是人类在实践的基础上认识事物的本质的唯一途径。黑格尔说：“造成困难的永远是思维，因为思维把一个对象在实际里紧密联系着的诸环节彼此区分开来。思维引起了由于人吃了善恶知识之树的果子而来的堕落罪恶，但它又能医治这不幸。”①在思维活动中，作用最大的是辩证思维。辩证思维是当代理论思维中最重要的形式，是人类思维发展到目前和可以预见的将来这段时期内的最高形态，辩证逻辑就是这种思维形态的理论体系。

一、思维是物质高度发展的产物，是人脑的机能

现今世界上那么多的物质文明和精神文明都是人类思维之花结出的累累硕果。至于思维究竟是什么？人类为什么有思维，又怎样思维？以及思维和认识的关系等问题，历来被列为“宇宙之谜”之一。

对实验动物进行去掉脑的某些部分，然后观察它的行动的变

化结果；以及对病人的中风、脑瘤及脑部的受伤等病例的观察，可以得出结论，脑是包括人类在内的动物的各种行动的指挥者。近代科学证明：人脑是思维的器官，而不是像古代人所想像的那样，思维是在人体的内脏如脾、肝、心等部位进行的。思维这一人类所特有的功能，历史上曾有许多哲学家、科学家把它解释得神秘而深奥莫测。其实，思维及产生思维的人类大脑并不神秘，它是能够探讨并得出科学的结论的。

脑是从无机物中产生的生物长期进化发展的结果。根据现代自然科学提供的材料，在地球诞生以后大约十几亿年的时间内发生生命起源的化学演化过程。大气中的无机分子在各种自然因素（闪电、火山喷发和强烈的紫外线照射等）的作用下合成有机小分子(如甲烷、氨等)并随着雨滴降落到地面上，这些简单有机分子和矿物质等在原始海洋中经过继续不断的积聚发展成复杂的生物大分子，出现了葡萄糖、氨基酸、嘌呤、嘧啶等组成核酸的基本成份的有机化合物，最后又进一步发展成蛋白质和核酸结合的具有新陈代谢功能的蛋白体，出现了最早的生命。大约到了10亿年前，地球上就出现了原始的单细胞生物。

生命现象一经出现，就不断分化成各个分支。并按照一定的规律继续从简单到复杂，从低级到高级地发展进化起来。从原始单细胞经过6亿年发展出一支原始脊索动物，又经2.6亿年发展成哺乳动物，再经1.6亿年出现灵长类（猴、猿等）。

猿和人有着共同的祖先。在距今2000万年到1200万年前，森林古猿由于气候的变化、森林地区的减少而开始新的分化。其中一支下到林间草地上生活，在新的生活方式影响下逐渐向人类方向发展，大约在二、三百万年前变成了人。

人脑也是在这一生物进化的过程中发展演变而成的。脑的鼻祖是扁虫的“中央神经索”，扁虫的感觉器官位于头端，这是它移动时最先与环境相遇的部分，因此很自然的神经索也就在头区

发展得特别好，形成一种球形突出物，这就是脑的开端。随着动物的继续进化，神经系统不断发展完善，逐步形成脑。脊椎动物的脑一开始就有大脑、中脑、后脑三种结构组成。在人类，大脑是脑中最大也是最主要的部分。

从人类整个发展过程(300万年)来看，人脑是在四肢分化、直立姿势形成的基础上迅速发展起来的。由于直立行走，头部就支撑在脊椎骨上，使脑重有可能增加，而且视野广阔。手的发展使人能依靠手和天然工具来谋生和防卫；食物也由植物的根、果实为主改成以捕食小动物为主，再加上火的利用，使脑的发展有了必须的养料。这样，在从猿到人的发展过程中，人脑逐渐增大，前额逐渐升高，从南方古猿到现代人，脑的容量大小几乎增大到三倍。而且由于长期生产斗争的社会实践的影响，使猴、猿那种结构大体均等的脑逐渐发展成大脑皮层上的手区大于足区，控制语言的左半球大于右半球，具有人类独特的社会文化因素影响的现代人的脑。

从人类发展史来看，脑和脑的功能——思维是在动物系列中逐渐地、历史地发展起来的。人类从原始人到近代文明人的发展过程中也是思想越来越丰富，意识越来越清晰、深刻、抽象能力越来越强。

可见，思维是大脑的生理机能，脑是思维的器官，它对人类的思维来说是主要的决定性的部位。而人脑是自然界长期发展的产物，所以思维也是物质高度发展的产物。

二、思维是存在的反映

思维从其生理基础来看，它是人脑的机能，从其对象和内容来看，它又是客观存在的反映，只有把两者结合起来，才能把握思维的本质。思维是人脑的机能，但光有人脑还不能产生思维，

人脑好比是一个加工厂，原材料和半成品只能来源于客观世界。马克思说："观念的东西不外是移入人的头脑并在人的头脑中改造过的物质的东西而已。"②人类的感性认识和理性认识都是存在的反映，社会意识诸形态是社会存在的反映。

对同一对象或同一客观过程，不同的认识主体会有不同的反映，如反映速度有快有慢，反映的信息数量有多有少，反映事物本质的程度有深有浅，甚至还会产生正确的和错误的这两种完全相反的映象。这些不同反映产生的原因无非是先天素质和后天社会实践的差异。无论是哪一种原因或者是两种原因兼而有之，都来源于客观，都可以从物质世界的发展过程得到解释。例如色盲患者对于颜色所作反映的误差，可以用遗传和变异的具体生理过程来解释；又如人们对于事物的不同认识都可以用实践经验、知识水平以及阶级立场的差异等原因得到解释。所谓正确的认识不过是对客观对象基本正确的反映；而错误的，甚至荒诞不经的宗教迷信，归根到底也有它的客观现实"原型"。鲁迅说得好："天才们无论怎样说大话，归根结蒂，还是不能凭空创造。描神画鬼，毫无对证，本可以专靠神思，所谓'天马行空'似的挥写了，然而他们写出来的也不过是三只眼，长颈子，就是在常见的人体上，增加了眼睛一只，增长了颈子二三尺而已。"③

三、思维的特点

1. 思维的概括性和间接性

思维是存在的反映，但它决不是客观存在的一切事物、一切联系的杂乱无章的反映。青蛙的视觉中存在一个"滤波器"，使得只有它能抓到的距离范围内的昆虫的信号进入脑子，其它昆虫的信号进不去，这样它那并不发达的脑才能支配器管灵敏地捕食昆虫。人类大脑也有类似的情况，在构成思维时只反映和表现世界

联系形式的一部分。思维反映存在，不是像镜子那样直观反映自然界，它一定是舍弃了一部分内容，只反映客观存在的一部分，而且正因为它只反映了世界联系的一部分，它才是有用的、可用的。至于舍弃哪一部分，反映哪一部分，就首先要对客观事物有一个概括性的认识。概括性是思维的一个特点。

思维的概括性是指思维能概括地反映一类事物的共同的本质，而不是只反映个别事物或事物的个别特征。概括的水平越高，人们就越能深入地反映事物的内部的本质特征。思维的概括性不只表现在它反映客观事物的本质特征上，而且还表现在它反映事物之间的本质联系和规律上。

与思维的概括性直接相联系的是思维有时也是一种间接反映，所谓间接反映就是说不是直接地而是通过其它事物的媒介来反映客观事物。例如早晨起来看见屋顶和地上都是潮湿的，便能推想到昨夜下过雨。

正是由于思维的概括的、间接的性质，人们通过思维活动能认识那些没有直接作用于人的种种事物或事物的属性，也可以预见事物的发展变化进程，进行科学的预测。

2． 思维的主观性

一个人的思维是对客观事物的反映，而且对他人来说也是客观的，但对认识主体来说，它必竟是主观的。思维对客观事物的反映，在抽象程度较低阶段，就比较接近客观事物本身；这种反映对事物概括、抽象得不够深刻，但是正因为它比较接近客观事物，因此误差较小。而抽象程度越高时，一方面反映事物的本质越深刻。另方面由于远离客观事物本身而加强了主观性，从而带有错误的可能性也就越大。

任何个人认识由于受到客观历史条件的限制，受到本身知识水平、思维能力、阶级立场、生理条件等的局限，而不可避免地要产生这样或那样的错误。分析这种错误产生的原因，不仅仅是

社会历史的原因和认识论上的原因，而且还有思维的主观性产生的原因。正因为思维具有主观性这一特点，就使得任何人不仅不能洞察一切，而且是必然会有一些认识是错误的。

3． 思维的社会性

一般动物的反映形式的产生和发展服从于生物体适应外界环境的生物活动的客观需要，而人的意识、思维的产生和发展都服从于人的改造世界的社会实践活动。人是在改造环境、改造世界的活动中，从猿转化而来的。人类的脑、神经系统、感觉器官是在改造世界的活动中进化而成的。人类在改造客观世界的社会实践中同时也改造了自己、改造了自己的感觉器官，使得人的感觉无论在深度和广度方面都比动物优越得多。人的思维活动能力也是在这种改造世界的社会实践活动中成长起来的。这里讲的改造世界的活动，最基本的就是生产劳动。正是在集体劳动中，人类的活动不再像动物那样只服从于事物之间的自然联系和关系，而是从一开始就服从于社会的联系和关系，并从以本能为基础营群体生活的自然团体逐渐在劳动的基础上改造成为人类社会，从而也产生和发展了人类的意识和思维。离开了集体和社会就决不会有人的思维。此外，作为现代人思维的物质外壳的语言也是社会的产物，正常的近代人，不管他想什么，他的思想只有在语言材料的基础上、在语言的术语和名词的基础上才能产生和存在。近代人从儿童时代起就通过接受教育的途径获得现成的语言以及相应的思维形式。这些思维形式、形态是在语言材料的基础上产生的，是人类祖先千万年间积累起来的。就近代人来说，语言是思维的物质外壳。而语言是社会的产物，所以人类的思维是社会性的思维。马克思说："意识一开始就是社会的产物，而且只要人们还存在着，它就仍然是这种产物。"④对近代人来说，初生婴儿尽管已经具有极端复杂完善的大脑，但还不是能够思维的人脑。婴儿的大脑只有在社会生活的影响和熏陶下，才能够进一步

成熟和完善起来，成为一个能思维的人脑。如果婴儿一生下来就与世隔绝，那他就只能成为没有思维能力的野兽，如狼孩。

4． 思维的相对独立性

思维内容是客观事物的反映，但思维一旦产生以后又有它的相对独立性，因为思维活动本身也是一种客观存在的发展过程。并有其自身的规律。意识、思维的发展动力除了来源于实践外，还有意识、思维本身的积累继承关系，所以思维一旦产生，特别是有了相当的思维成果——各种学说、理论、思想以后，就可以离开客观存在而独立存在并得到发展。这种发展既可能超越客观事物的存在和发展，也可能落后于客观事物的存在和发展。这种思维领域的活动“在一定阶段上就和现实世界脱离，并且作为某种独立的东西，作为世界必须适应的外来规律而与现实世界相对立、”⑤

例如数学思想的发展除了来源于实践的一面以外，还有其本身的积累和继承关系，数学思想的发展有其内在的矛盾运动和逻辑发展过程，有其内部各部门间的相互影响。因此数学的发展有时可以走在生产实践的前面，其现实应用往往在以后的实践中才显现出来。有些基本理论的研究可以开拓新的研究领域，扩大人们的认识范围。在这方面虚数和非欧几何的产生是很典型的。

四、理性与悟性（知性）

1． 逻辑学研究的是抽象思维

人类认识事物的思维活动可以用形象思维的方法，也可以用抽象思维（逻辑思维）的方法，还可以用直觉、猜想等非逻辑方法。非逻辑方法实质上也是一种逻辑，只不过人们对这种思维方法研究得还很不够，对其形态、形式、规律都远没有总结概括出来而已。除了非逻辑方法以外，人类思维的基本方法是形象思维和抽象思维两种。

认识主体在认识客观事物时，如果用客观外界的形体、形象来思想，就是形象思维，如果是用理论来思考和表述就是抽象思维。形象思维与抽象思维这两种思维方法的区别主要是表现在思维对象和思维所遵循的基本路线上。所谓思维对象不同就是指抽象思维着重在分类反映上，形象思维着重在综合观察上。所谓遵循的基本路线不同是指抽象思维是用一般概括个别，形象思维是用个别表现一般。从人类认识、思维活动的任务要求看，哲学家、科学家探求科学的公式、概念、定理、定律、法则，用一般概括个别，因此常留心于类型性、普通性的事物。爱因斯坦说："一种理性的前题的简单性越大，它所涉及的事物的种类越多，它的应用范围越广，它给人们的印象也就越深。"⑥科学家追求的是用最少的概念来说明尽量多的事物。文学家、艺术家追求丰富鲜明的形象塑造，寻找能反映生活本质的艺术典型，它突出个性又体现了共性，是用个别表现一般，以现象体现本质，借局部暗示整体，通过偶然性来反映必然性。因此他们特别着重那些能够尖锐、深刻地体现本质、内部联系的个性、偶然性、"奇"、"巧"等等。

形象思维不是逻辑学研究的对象，逻辑学研究的是抽象思维，我们说的思维的形式和规律都是指抽象思维的形式和规律。

2．思维是指认识的理性阶段（包括悟性和理性）

人们对客观事物的认识过程是从感觉开始的。客观事物直接作用于人的感觉器官，就在脑中引起对这些事物的个别属性的反映，这种反映叫做感觉。在感觉阶段，人类还只能通过视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉等感觉器官，分别地把握具体事物的形状、颜色、声音、气味、软硬、冷热等个别特性。人类意识活动中最初最简单的综合，就是把反映事物个别特性的各感觉综合起来，构成这一事物的整体映象，从而获得知觉。知觉是感觉的复合，在人的知觉中不仅包含着对各种事物的各种特性的了解，而且还

包含着对事物各特性之间的关系的了解，这样就使人们能够认识感觉形式所不能反映的客观存在，如时间、空间、运动。由于多次重复地感知同样一些事物，就使人们的头脑获得这样一种能力：不仅当某事物用它的全部各种特点直接引起感觉、知觉时，能在头脑中再现出这些事物的完整的映象，而且当这一事物的某一特点引起单一的感觉时，也能在头脑中再现这一事物的完整的映象，这种认识形式叫表象。表象是大脑对过去的感觉和知觉的回忆，是感性认识的最高形式。

感性认识的感觉、知觉、表象这三种形式的发展已体现出人的认识的由个别的特性达到完整的形象，由当前的直接感受达到映象的保留和事后的回忆，亦即由部分到整体，由直接到间接的趋势。但是总的来讲这时的认识还处在感性阶段。“社会实践的继续，使人们在实践中引起感觉和印象的东西反复了多次，于是在人们的脑子里生起了一个认识过程中的突变（即飞跃），产生了概念……，概念同感觉不但是数量上的差别，而且有了性质上的差别。循此继进，使用判推和推理的方法，就可产生出合乎理论的结论来……这个概念、判断和推理的阶段，在人们对于一个事物的整个认识过程中是更重要的阶段，也就是理性认识的阶段。认识的真正任务在于经过感觉而到达于思维……”⑦。人类的意识只有到达理性认识阶段才发展到思维阶段，所以逻辑学研究的思维活动也就是理性阶段的思维活动。人类认识的各个阶段是叠加和经过多次重复的，而就理性认识的发展过程来讲又可分做悟性（知性）和理性两个阶段。

悟性阶段就是在感性认识的基础上，把认识材料加以排比整理，使它成为知识的理性思维。理性认识的内容与感性认识的内容一样是在同一个感觉的基础上取得的。理性认识是在感性认识的基础上去发展事物的本质。但是在悟性阶段，思维只把握住事物的表面特性，思想所追求的是事物的确定性，各种思维形

式也是互相孤立各不相关的。因而悟性阶段的认识不仅是形式逻辑的，而且还带有形而上学的特点。认识进一步发展到理性阶段，对事物的认识就达到全体的、本质的和内部联系的境界，能够暴露和掌握事物的内在矛盾，并从总体上、周围世界一切方面、内部联系上去把握周围世界的发展。在理性阶段，人们不仅能认识到事物的一个方面，而且也认识到事物的各个方面，并且认识到对立面的统一和转化，各种思维形式也都处于对立统一的关系中。所以，理性认识的高级阶段——理性阶段的思维是辩证的思维，理性阶段的思维形式和规律是辩证逻辑。辩证逻辑不是思维辩证法，而是以辩证思维为研究对象的逻辑学。如果辩证逻辑就是思维辩证法，那么辩证逻辑也就不存在了。

3．辩证思维与思维辩证法

辩证思维是指理性认识的理性阶段的思维活动，是强调这阶段的思维是辩证性的思维，它是与非辩证性的思维相对而言的。思维辩证法是指思维领域里的辩证法，它是与自然、社会领域里的辩证法相对而言的。当然辩证思维和思维辩证法从本质上讲都是思维领域里的东西，而且也要遵循共同的规律，但它们还是有区别的。因为辩证思维是对思维辩证法的认识和理论概括。就其反映的内容来说是客观的，而就其理论形态来说是主观的。思维辩证法，如果把它看作物质的最高形态——人的大脑的一种运动形态，那么它同自然辩证法、社会历史辩证法一样，都是不以人们的意志为转移的客观辩证法。因此，思维辩证法在人类思维过程中不管你是否意识到它，它都要起作用、自发地起作用。例如，概念的内涵与外延的矛盾对立，直言判断中个别与一般的矛盾对立，认识从感性具体到思维抽象，又从思维抽象到思维具体的辩证运动，不管你是否意识到它，它都在对认识发生作用。辩证思维则是在认识了思维辩证法的基础上对思维辩证法的运用。因此，以辩证思维作为研究对象的辩证逻辑、作为辩证思维的理论

形态的辩证逻辑带有自觉的能动性质，是主观辩证法，是一种思维科学。逻辑学是哲学性质的科学，但不就是哲学本身。逻辑学研究知识形成过程中思维运动的形式和规律。辩证法规律作为人们智慧的结晶，也有一个形成发展过程；这一过程是一个辩证思维过程，因而也是辩证逻辑的研究对象，也受辩证逻辑关于思维形式、规律、方法的制约。辩证逻辑既然是对思维辩证法的自觉应用，它当然要受思维辩证法的制约，要与思维辩证法相一致。辩证逻辑既然是主观辩证法，它当然也必与它所反映的思维对象的辩证法相吻合。所以，辩证思维、辩证逻辑受着思维辩证法和思维对象辩证法的双重制约。这种双重制约反映为辩证思维的形式与内容的对立统一。

注：

①黑格尔：《哲学史讲演录》，第 1 卷，三联书店 1956 年版，第 290 页。

②马克思：《〈资本论〉第 1 卷第 2 版跋》，《马克思恩格斯选集》第 2 卷，第 217 页。

③鲁迅：《且介亭杂文二集》《叶紫作〈丰收〉序》。《鲁迅全集》第 6 卷，人民文学出版社 1973 年版

④马克思恩格斯：《德意志意识形态》，《马克思恩格斯选集》第 1 卷，人民出版社1972年版，第35页。

⑤恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版 第36页。

⑥爱因斯坦：《自述》，《爱因斯坦文集》第 1 卷，商务印书馆1977年版，第15页。

⑦毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第 1 卷，人民出版社1952年版，第 274-275 页。

第二节　辩证逻辑的出发点是自然界和精神的统一

恩格斯在其《自然辩证法》一书中论述辩证逻辑的札记部分首先强调的就是“自然界和精神的统一”①，在其它部分也多次强调了这一精神，如在[数学]札记中说：“我们的主观的思维和客观的世界服从于同样的规律，因而两者在自己的结果中不能互相矛盾、而必须彼此一致。这个事实绝对地统治着我们的正个理论的思维。它是我们的理论思维的不自觉的和无条件的前提。”②又说：“辩证法被看作关于一切运动的最普遍的规律的科学。这就是说，辩证法的规律无论对自然界和人类历史的运动，或者对思维的运动，都一定是同样适用的。”③在辩证法(札记)(A)第一段的开头，恩格斯也强调了同样的思想。恩格斯的这些论述告诉我们：自然界和精神是统一的，即人的主观思维与现实的客观存在是一致的。客观自然界是第一性的，思维是客观存在的反映，是第二性的。客观自然界是受辩证法规律的支配的，思维规律也是客观规律，而且要反映思维内容的活动规律，所以它也是受辩证法规律的支配的。研究辩证的思维规律能帮助我们自觉地运用辩证法来思维，能帮助我们更深刻地认识自然。恩格斯关于自然界和精神统一的思想，是辩证逻辑研究的出发点。

一、主观和客观的统一

自然界和精神的统一，就是指主客观的统一。物质和精神、客观和主观是统一世界的两种不同的表现形式，二者既是对立的又是统一的。这种思想古希腊的亚里士多德就已经有了。亚里士多德认为逻辑规律不仅是思维规律，而且首先是存在的规律。思

维形式是客观事物存在形式的反映。18世纪的机械唯物主义承认思维的内容是客观存在的反映，而看不到思维对存在的能动作用。黑格尔从思维形式和内容的统一研究了思维形式，这是他的贡献。但他从唯心主义观点讲思维和存在的统一，认为思维规律是第一性的，客观规律是第二性的，把自然界和精神的关系颠倒了。

经验主义者不懂得人们对自然规律的认识只有在感性经验上升到理性思维之后才能达到，往往只强调感性经验的可靠，忽视理论思维的作用。经验主义者往往一次又一次地用感觉经验去证明自然界和精神的统一这个命题，但总是得不到结果。因为感觉经验是无法穷竭自然界的一切事物的变化、发展的，即使每一次的经验都证明某个命题是正确的，而对还未被经验过的事例，又怎么知道它一定服从这个推理的结论呢。蔑视理论思维的经验主义者是无法回答的。因为两者的一致性，只有通过理论思维才能把握。经验主义者片面地强调经验，而忽视理论思维在认识中的作用，这种方法不可能把握事物的本质或规律。因此他们虽然承认世界是可以认识的，但是不可能是彻底的可知论者。有些自然科学家在年轻的时候也曾相信理论认识的真实性，但由于形而上学思想的束缚，当他们不能说明某些自然现象时，他们就抛弃了理性思维，而陷入经验主义的泥坑。

当然，我们强调理性的作用、逻辑的作用也还是要在主观与客观相统一的前提下来进行，而不能违反这个前提。过份强调理性、逻辑的作用，甚至认为逻辑学是一切科学的先决条件是荒谬的。莱布尼茨曾机智地嘲笑这种轻视自然界的看法，认为这种看法等于说：人本是两足动物，是亚里士多德把人变成了有理性的动物的。其实思维形式、思维规律本身也是客观的，并且是来源于自然界的。思维的逻辑结构及其基本规律是人类在长期实践过程中积累起来的经验结晶，是思维长期抽象化的结果。列宁说：

“人的实践经过千百万次的重复，它在人的意识中以逻辑的格固定下来。这些格正是（而且只是）由于千百万次的重复才有着先入之见的巩固性和公理性质。”④

自然界和精神、客观和主观、存在和意识的统一是有条件的，这个条件就是承认物质第一性、意识第二性。在这个条件下承认存在与思维有其统一性，这就与阿芬那留斯和马赫的“原则同格论”划清了界线。存在和思维的统一是建立在实践的基础上的，是具体的历史的统一，这就与旧唯物主义有了区别。在承认物质第一性、意识第二性的条件下承认自然与精神的对立统一，承认在实践的基础上精神也能对自然起反作用，才能真正做到主客观的统一。两者是不可或缺的。苏东坡有一首琴诗：“若言琴上有琴声，放在匣中何不鸣？若言声在指头上，何不于君指上听。”这是说人的手指头拨动了琴弦才有琴声如果你说琴上有琴声，而不讲人的指头的作用，那么“琴放在匣中何不鸣”？；如果你说“声在指头上”而不讲琴的条件，那么琴声“何不于君指上听”。可见在发出琴声问题上，“琴”和“手指的拨动”是缺一不可的。主观与客观的关系也相仿，科学理论是近代精神文明和物质文明的重要内容，但是任何理论，包括作为思维科学的逻辑学，离不开客观实际，离不开自然界(何况大脑本身也是自然界的产物)。所以主观和客观的统一、自然界和精神的统一是辩证逻辑的一个重要原则和出发点。

二、事物本身的规律与科学规律

思维过程是一种特殊的物质（脑）的生理运动过程，思维过程的内容是对物质过程的反映，因此不仅有思维过程的逻辑，同时还有物质过程的逻辑。

对任何客观事物的运动发展过程，从控制论系统论的角度来

看，也都是一个逻辑过程。因为任何系统的运动发展过程（不管是生物还是非生物）都是通过反馈来进行调节，如果通过反馈弄清楚输入和目标之间没有差值了，就可以判定系统已达到给定的目标，否则就要继续输入和进行调节。这个发展过程实际上是一种判断过程，而且对系统进行定量处理时也离不开推理，所以说物质发展过程也有其自己的逻辑。

就精神现象和认识发展来讲，也要经过一系列的过程，即从刺激感应性到感觉、知觉、表象，再到理性认识的抽象思维阶段，再从抽象到具体（理性的具体）。感觉及其以后的环节属于精神现象，而刺激感应性是物理、化学过程。在这种物理、化学过程中，同样有一个为什么以这样形式反应而不以那样形式反应的问题。刺激感应性是依据物质变化所提供的信息来作出反映的，这种反应的方式以及适应的特点也类似于判断功能，同精神领域里的判断相比只有程度上的差别。所以逻辑不仅适用于思维过程也适用于物质过程。

任何一门科学的成果都以一系列的定律、定理、原理来表述。就这些定律、定理、原理的内容来讲都是客观规律的反映，但就这些表述来讲是主观的，是在一定条件和范围内对客观规律的近似的描述。科学规律与客观事物的规律是既相联系又相区别的。

逻辑学也是这样，逻辑学是研究和总结人类的正确的思维活动过程的。不仅思维活动的内容离不开客观实际，就是思维活动本身也有其固有规律，这是任何逻辑学都必须遵循的前提，辩证逻辑也不例外。但是我们还得承认科学规律与事物本身的规律是有区别的，作为思维科学的辩证逻辑与人类辩证思维本身的规律、客观事物本身的规律也是有着一定的区别的。因为逻辑学是一种工具科学，是方法论，是认识论。逻辑学的作用是帮助我们真实地认识和反映客观事物的本质和规律，也就是帮助我们得到正确的认识，使我们的认识具有真理性。就客观事物来讲无所谓

正确与不正确，无所谓真理和谬误。它只是按照它自己固有的规律运动着。因此，在这种意义上我们就不能说鸟儿吃虫子是正确的，吃谷物是错误的；同样也不能说河水灌溉农田是正确的，泛滥成灾是错误的。这些都是自然界本身的固有的运动形式、形态。至于要说有益还是有害，并以此来评价正确与谬误。这是就其对人、对人类社会的作用来讲的。撇开这种社会因素不说，单就自然科学、工程技术科学本身来说，真理与谬误也是指能否对客观事物存在的形式、形态、发展规律作出正确的反映，是个认识论问题。而人类对认识的真理性的获得是在一系列相对的谬误中实现的，而客观事物自身没有这样的过程，这是认识过程之区别于客观事物的自身发展过程的矛盾的特殊性。各门科学就是从不同的角度、侧面去无限接近地反映客观事物的发展规律。“一个事物的概念和它的现实，就像两条渐近线一样，一齐向前延伸彼此不断接近，但是永远不会相交，两者的这种差别正好是这样一种差别，这种差别使得概念并不无条件地直接就是现实，而现实也不直接就是它自己的概念。由于概念都有概念的基本特性，因而它并不是直接地、明显地符合于它必须从中才能抽象出来的现实。”⑥科学理论是一种社会意识形态，是主观对客观的反映。科学规律（包括逻辑学的规律）与客观事物的发展规律是既相联系又相区别的。

自然界与精神的统一、主客观的统一是辩证逻辑的出发点和基本原则，但这种统一并不是绝对一致，并不是没有差异。不承认这一点科学就不能发展，逻辑学就不能发展，辩证逻辑也就不成其为辩证逻辑。“在绝对的总的宇宙发展过程中，各个具体过程的发展都是相对的，因而在绝对真理的长河中，人们对于在各个一定发展阶段上的具体过程的认识只具有相对的真理性。无数相对真理的总和，就是绝对真理。”⑥

注：
①②③恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社 1971 年版，第 200 页，243 页，244 页。
④《列宁全集》第 38 卷，第 233 页。
⑤恩格斯：《致康德拉·施米特(1895,3.12)》，《马克思恩格斯全集》第 39 卷，第 408 页。
⑥毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第 1 卷，人民出版社 1952 年版，第 284 页。

第三节　辩证法、认识论、逻辑的统一

辩证法、认识论、逻辑的三者统--是辩证逻辑的又一个重要原则。

唯物辩证法揭示了客观辩证规律及其在人们认识、思维领域中的反映，即从总体上揭示了自然、社会和人类思维的最一般规律；马克思主义认识论是用唯物辩证法的观点研究认识的来源、过程和发展规律的理论；辩证逻辑侧重于认识过程的理性阶段，是关于辩证思维的形式、规律和方法的理论。可见辩证法，认识论、逻辑三者在对象、范围上有着相对的区别，但在内容上是根本一致的。唯物辩证法的规律也就是认识的规律，认识是一个辩证过程。唯物辩证法是认识的方法，具有认识论意义。辩证法和认识论是一致的。认识论和逻辑也是一致的，因为理性思维是人的认识的特点，脱离开逻辑（辩证逻辑）的问题也就谈不上人的认识（认识论）；而且辩证逻辑绝不是研究与内容无关的思维形式，而是研究认识的主体对客体的关系，它必须研究认识的全过程，必须研究真理的问题，就是说逻辑学是关于认识的学说，逻辑学也就是认识论。

确认辩证法、认识论、逻辑三者的统一，并不是说在任何意

义上都不能把其中的各个部分作一定的区分；相反，只要我们注意到它们的内在统一和有机联系，始终坚持三者统一的原则，在统一的世界观和方法论的指导下，相对地确定其中各个部分的不同对象，对各个部分作独立的创造性的研究和发挥，则不仅是可以的，而且是必要的。但总的来说，我们要按照列宁提出的证辩法、认识论、逻辑三者统一的原则来研究和掌握辩证逻辑的原理。辩证逻辑要求我们：不撇开现实的客观内容，孤立地探讨认识的发展过程和思维的发展过程；不把认识规律和逻辑规律当作没有客观基础的纯粹主观的东西来研究。“逻辑不是关于思维的外在形式的学说，而是关于‘一切物质的、自然的和精神的事物’的发展规律的学说，即关于世界的全部具体内容及对它的认识的发展规律的学说。”①

一、两个三者统一

逻辑学从其产生以后，在相当长的时期内，主要是作为哲学的一个组成部分而存在的。在古代，哲学的中心问题是研究世界的本原，各个哲学流派都是研究本体论（关于存在及其规律的学说）的。到近代，哲学的中心问题从本体论逐步转变为认识论(关于认识的学说）。但是总的来说，在旧哲学（指黑格尔，特别是马克思以前的哲学）体系中本体论、认识论和逻辑三者往往是相互分立的。这在康德那里表现得更为突出，康德认识论的出发点就是思维规律和存在规律的脱节。在康德哲学中，“本体”就是“自在之物”(“物自体”)，它是不可认识的；而认识规律与“物自体”之间是没有任何联系的，思维规律和思维形式（范畴）是超越于经验之上的。这样，逻辑也就被看作是对于脱离客观内容的思维形式的描述，即看作是关于思维的外在形式的学说。

黑格尔在哲学史上第一次企图解决这个问题，并在唯心主义

基础上探讨了本体论、认识论、逻辑的统一问题。黑格尔认为传统的逻辑学是形式主义的、主观主义的、机械主义的，他要创立一种新的逻辑学来代替它，这种新的逻辑学与形式逻辑相反，不仅涉及思维形式而且涉及思维内容，即涉及客观世界的内在联系和运动。黑格尔认为他的逻辑学是真正的纯粹的哲学，即本体论或宇宙观。黑格尔在给逻辑学下定义的时候，一方面认为逻辑学是究研思维形式的，即研究思维及其规律的，但同时又多次提到逻辑学是研究世界的本质、究研真理的，而所谓世界的本质、真理就是“客观理念”，即逻辑中那些范畴，最高的理念就是绝对理念（实际是上帝的别名）。所以在黑格尔那里逻辑学就是世界观，本体论和逻辑学是完全一致的。

黑格尔还认为他的逻辑学和认识史是一致的，即逻辑范畴发展史和哲学史是一致的，“历史上的那些哲学系统的次序，与理念里的那些概念规定的逻辑推演的次序是相同的。”②黑格尔的这种观点认为逻辑决定历史，当然是唯心主义的，但其中包含的逻辑学与认识史一致的思想是合理的。列宁在其《哲学笔记》中称赞黑格尔的这一思想，并把它概括为逻辑学就是认识论，因为逻辑学以范畴的逻辑联系和运动反映了哲学的历史发展，而由于哲学是人类认识的概括，哲学史是人类认识史的概括，所以逻辑学也反映了人类认识的规律，认识论就是人类认识过程的规律的理论。

这样黑格尔的逻辑学既是关于世界一般规律的理论（本体论），又是同认识史一致、是人类认识规律的反映（认识论），又是哲学范畴的逻辑体系、思维形式的逻辑体系（逻辑学）。这样黑格尔就在其哲学体系中实现了本体论、认识论和逻辑三者的统一。不过黑格尔是在唯心主义观点的指导下阐述本体论、认识论和逻辑的关系的，在黑格尔那里，思维、观念是一切的基础，而发展的全部过程便是思维对它本身的认识，也就是思维、观念

的自我认识，全部哲学都溶解在逻辑概念的推移发展之中。黑格尔在叙述本体论、认识论和逻辑的统一时，实际上把三者溶为一体，把他们之间的区别也取消了。

随着马克思主义的产生，辩证唯物主义的建立才真正科学地解决了三者统一的问题，这集中表现在列宁明确提出的辩证法、认识论、逻辑三者统一的原理上。

马克思和恩格斯都没有直接探讨过三者统一的问题，只是恩格斯在《反杜林论》、《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》等著作中，分散地叙述过辩证法是世界观、辩究法是逻辑学的思想。被恩格斯称为不依靠马克思、恩格斯，甚至不依靠黑格尔而独立发现唯物证辩法的德国工人哲学家狄兹根（Joseph Dietzgn,1828-1888)却比较明确地提到三者同一的思想。他说："逻辑学研研的是思维，然而是真实的思维。"③"我们的逻辑以真理，以世界真理为对象，这种逻辑是宇宙的逻辑，是普遍的逻辑或世界观。"④狄兹根还明确指出辩证法也是认识论，他说："为了便于理解，们我用一个特殊称号，用认识论这个专门名称来称呼这个新领域，'认识论'亦即众所知知的'辩证法'。"⑤但是狄兹根并没有解释为什么认识论就是辩证法。

列宁继承了马克思、恩格斯和其他无产阶级理论家的哲学思想，进一步发展了马克思、恩格斯创建的唯物辩证法。列宁把辩证法用于认识论领域，明确提出辩证法、认识论、逻辑三者统一的原理。列宁写道："在《资本论》中，逻辑、辩证法和唯物主义的认识论（不必要三个词，它们是同一个东西）都应用于同一门科学……"⑥。"逻辑不是关于思维的外在形式的学说，而是关于一切物质的、自然的和精神的事物的发展规律的学说。换句话说，逻辑是对世界的认识的历史总计、总和、结论。"⑦列宁在其《哲学笔记》的许多论述中告诉我们，唯物辩证法作为哲学科学，只有以辩证法、认识论、逻辑三者的统一为它的基础和内

容，才能形成一个统一完整的科学世界观，才能体现这一科学世界观的根本特点。也就是说，在这一科学体系中贯穿了辩证法、认识论、逻辑三者统一的原则，就结束了以往旧哲学把本体论、认识论、逻辑三个部分孤立分割的局面，形成了一个崭新的科学体系和完整的世界观。这一世界观不仅提供了对客观世界及其规律的辩证理解，而且揭示了人类认识和思维规律的辩证实质。它不仅是说明客观世界的理论，同时也是认识世界和改造世界的方法。因此，只有作为客观存在规律与认识、思维规律统一学说的唯物辩证法，才既担负着本体论的职能，同时又担负着认识论和逻辑的职能，才具有统一的和完整的科学世界观的意义。一方面只有用辩证法去理解认识的学说和内容，以及从认识论去理解辩证法的本性，才能在这两者的统一中，使辩证和认识论发展成科学的理论；而且只有把辩证法的规律运用于人类的思维活动和认识规律，才能是彻底的辩证法。

应该指出，这里说的辩证法、认识论、逻辑的三者统一，不是讲的一般辩证法与特殊辩证法（自然辩证法、社会历史辩证法、思维辩证法）的统一，而是讲一般辩证法一方面是世界观，另一方面又是人类认识发展规律的反映，又是指导思维运动的规律，实际上，不管是黑格尔，狄兹根还是列宁都把逻辑学和认识论的含义扩大了。这里讲的逻辑学是广义逻辑学是世界观，而不是指仅仅作为思维领域特有的辩证规律的辩证逻辑。广义的逻辑学、认识论和辩证法是一个科学的三个方面：内容是辩证法，形式是辩证逻辑，性质是认识论。我们研究辩证逻辑，首先要以列宁的辩证法，认识论、逻辑三者统一的思想作为基本原则，然后在此基础上才能正确地研究狭义逻辑学——辩证逻辑；弄清辩证逻辑与辩证法、与辩证唯物论的认识论的区别和联系。

二、辩证逻辑与辩证法、认识论的区别和联系

辩证法、认识论、逻辑三者遵守着共同的规律，在内容上是根本一致的。三者的统一是辩证逻辑的一个基本的原则。但是三者在研究的对象、范围上有着相对的区别。辩证法是关于自然、社会和思维的最一般规律的学说，它的研究范围在三者之中最广。辩证唯物主义的认识论研究认识的整个过程，包括认识的起源、过程和认识的真理性等。辩证逻辑虽然也要涉及认识论的许多内容，但它的主要研究内容是理性认识阶段中从思维抽象上升到思维具体的过程，其目的在于把思维的辩证法加以理论化，系统化，以便建立一门人人都可掌握、运用的辩证思维的逻辑科学。从而提高人们进行辩证思维的自觉性，加速人类认识真理的进程和用科学的方法论来缩短每个具体认识过程的周期。

不把辩证法、认识论、逻辑三者相统一的原则作为出发点，便不可能掌握辩证逻辑的原理，不可能掌握建立在辩证唯物主义基础上的辩证逻辑。但是把三者统一看作是三者毫无差别地绝对等同，那就等于取消了辩证逻辑这一门科学。所以要真正理解辩证法、认识论、逻辑三者的统一，就必须理解它们之间的区别。

1． 辩证逻辑与辩证法。

我们可以把辩证法的基本规律和范畴理解成是辩证逻辑的理论基础和方法论原则。但是辩证逻辑以辩证法为基础不能说辩证逻辑就是辩证法，正如数理逻辑以数学方法为基础并不能说数理逻辑就是数学一样。

辩证逻辑也要制定、规范人们怎样才能更有效地揭示真理的各种辩证的思维方法，但这不能与辩证法等同起来。辩证的维思方法也应该符合辩证法，但它是属于逻辑方法的范畴，是从思维的辩证运动这一特殊领域中总结出来的，而不为自然、社会的各

种物质运动形态所具有。

辩证法是关于自然界、社会和思维的运动和发展的普遍规律，辩证逻辑是主观辩证法，而且相对于客观事物的内容来说，只是一种形式。逻辑学就是研究思维形式的。辩证逻辑是赋予辩证法的基本思想以一种稳定的思想形式，从而使辩证法变成直接的辩证思维方法，辩证逻辑无须像辩证法学说那样着重于直接阐明客观世界的辩证性质和规律，更不必全面论证辩证法规律在各种领域中的普遍有效性，而只须把辩证法揭示出来的规律、范畴的基本思想加以形式化（这里的形式化比符号化意义广）。

辩证法和辩证逻辑的关系是一般和特殊的关系。辩证法的基本规律既存在于思维规律之中，又包括思维规律的一般本质。在这个“一般”的意义上讲，辩证法和辩证逻辑是同一个东西。但是，任何一般只是大致地包括一切个别事物，而任何个别事物都不能完全地包括在一般之中，所以辩证法和辩证逻辑又存在着差异，辩证逻辑的特殊本质是辩证法所没有的，这就是思维动运的特殊本质，在这种“特殊”的意义上讲，辩证法和辩证逻辑又不是同一个东西。

辩证逻辑的规律除了辩证法的规律以外，还有思维领域的特殊规律，而且辩证法的规律在思维领域中的运用也要具体化。

2．辩证逻辑与认识论。

逻辑学也是认识论。概念、范畴等思维形态应该作为认识的形式、反映的形式来加以研究。认识论和辩证逻辑都以认识为对象，把辩证法应用于认识领域，它们都是关于认识的理论，两者是一致的。但是，它们各研究不同的方面，总结和揭示不同的规律，辩证法规律在这两个领域中，都有自己的特殊形态，两者又是相异的，辩证逻辑是认识的历史的总计和总结。

辩证逻辑的任务，并不是研究具体的认识如何产生，实践怎样成为认识的基础，感性认识和理性认识、物质和精神是怎样实

现转化的等问题，而是研究认识的历史，从各种思想中概括出思维发展的一般规律（即不是认识论中的从现象到本质、感性到理性等，而是思维的行程如何从抽象到具体，历史和逻辑相统一等）揭示概念、判断、推理等思维形态的相应转化和过渡，建立科学理论的一般范畴体系，总体科学的思维方法等。辩证逻辑不是研究一般的认识过程，它是以概念范畴的思维形式对客观世界的认识进行历史总结，也因此辩证逻辑特别重视历史和逻辑的统一这个原则。

认识论研究认识的最普遍的发展规律，辩证逻辑是研究辩证思维的最普遍规律，辩证逻辑只研究理性认识的理性阶段及其发展。单就对认识的理性阶段的研究来讲，认识论和辩证逻辑也各有其不同的任务，而且其研究对象也表现为理性认识的不同侧面。辩证逻辩和认识论是两门不同的学科，它们都有自己所特有的研究对象和科学内容。辩证逻辑是研究认识的理性认识阶段中的理性阶段的认识过程。认识本身是一个理性认识，任何认识（即使是感性阶段）也是在一定的理性认识指导下进行的。认识的过程是主观辩证法，也要用逻辑形式来表达和描述。因此，辩证逻辑和认识论又是紧密交叉在一起的。但它们的研究重心又是不同的，认识论的研究重心是主观怎样符合客观，也就是研究意识如何才能正确反映存在。辩证逻辑研究的重心是如何实现主观辩证法与客观辩证法的一致（符合）。因此辩证逻辑着重研究概念的辩证本性以及各种思维形式的各种矛盾运动。

注：

①《列宁全集》第38卷，第89-90页。

②黑格尔：《哲学史讲演录》第1卷，商务印书馆1981年版，第34页。

③④⑤狄兹根：《哲学选集》第109，149，431页。

⑥同①，第357页。

⑦同①，第89-90页。

第三章 辩证逻辑的思维形式

任何事物都具有一定的内容(构成事物的一切内在要素的总和)和一定的形式(事物的内在要素的结构和表现的方式、形态、面貌)。内容与形式不可分。任何内容都具有某种形式，都是某种形式的内容，任何形式也都具有某种内容，都是某种内容的形式。不具有内容或者不具有形式的事物是没有的。在内容和形式的关系中，首先是内容决定形式。有什么样的内容，就必然具有或者必然要求具有什么样的形式，它并不是人们随意强加给内容的，而是客观的。但是形式并不是消极的，被动的因素。被一定内容所决定的形式，又是促进或阻碍内容发展的巨大力量。一种形式一经产生之后，就成为相对固定的东西，反过来影响内容的发展。

思维形式是思维借以反映、描述客观物质世界的“精神模型”，是思维加工、改制和把握客观物质运动的“精神模型”。思维形式是人们在改造客观物质世界的实践中形成的，人们在改造客观世界的社会实践中，不仅获得了思维的内容，而且获得了思维的形式。人们在改造客观世界的社会实践中所获得的一切认识成果，都要借助于思维形式才能形成科学知识。因此对思维形式的研究具有重要的意义。

从亚里士多德开始，逻辑学的目的就是通过研究思维的形式和规律，而帮助人们从已知达到未知。亚里士多德考察命题的形式就是为了解决推论的正确性问题，即从某种形式的前提可以得出何种形式的必然结论。

作为思维有机组成部分的思维形式，当然也要随着思维的发

展而发展，并且它的发展也必然要同思维发展的历史过程相适应。逻辑学关于思维形式的研究，长期来都集中在悟性阶段的思维形式上，这就是已经成为有一个理论系统的形式逻辑。但是随着辩证思维作用的日益显得重要，辩证思维形式的研究工作就被提到哲学家和逻辑学家的研究日程上，可以说这一工作正方兴未艾，不过还没有形成一个公认的理论系统而已。

第一节　形式逻辑思维形式的作用和局限性

一、形式逻辑关于思维形式的论述

形式逻辑顾名思义是研究思维形式的，形式逻辑研究的思维形式有三个，即概念、判断、推理。严格地说，概念、判断、推理不是纯粹的思维形式，因为它们都包含了一定的内容，只有“S是P”这种符号表示法，才是纯粹的思维形式。概念、判断、推理应该说是思维形态，但习惯上大家都把它们叫做思维形式，所以在一般情况下我们也就不加以严格的区分。

1．概念

概念是正确地用语词反映思维对象的特有属性的思维形式。这些思维对象包括：一、客观事物如实体、物质；二、理想模型，如刚体、理想气体、点、线、面等；三、虚拟模型，如宗教艺术中想象的上帝、鬼神和科学研究中的绝对精神、燃素、永动机等非科学假设。形式逻辑中要研究正确思维中概念应当满足那些要求才能做到概念明确。

概念（包括实概念和虚概念）这种思维形式在思维活动中是很重要的，它既是认识的总结又是思维的基本单位。概念是构成判断、推理的要素，没有概念，判断和推理就作不出来。我们在说

话、写文章、思考问题以及读书看报时，一刻也离不开概念。正确地使用概念，可以固定、扩大、概括、加深我们通过反射、感觉和表象所获得的知识。

概念的形式是和概念通过有声语言的表达分不开的。词或词组是概念的语言表现形式。概念和语词有着密切的关系。但是概念和语词又是有区别的。第一，概念要用语词来表达，但不是所有的语词都表达概念，虚词就不能表达概念。第二，同一个概念可以用不同的语词来表达，同义词就是用不同的语词信号来表达相同的语词意义。第三，同一个语词也可表达不同的概念，多义词、同音词就是用相同的语词信号来表达不同的语词意义。

所谓概念要明确，就是指一个概念本身的内涵和外延两个方面，及其与其他概念的关系要明确。

概念的内涵是指一个对象或属于同一个类的若干对象的本质特性的集合，是指对本质特性的总和的知识。简单地说，所谓概念的内涵就是指概念的含义，指概念所反映的事物的特有属性而言。概念的外延是指一个概念和相应对象的关系，简单地说，所谓概念的外延就是指概念的适用范围，就是具有概念所反映的特有属性的事物，既包括概念所反映的一类事物（即分子——元素），也包括概念所反映的事物的类（即全部子类——子集）如A类是$\{a,b,c\}$，则A的外延就包括A这个概念所反映的一类事物(a,b,c)也包括A所反映的事物的类($\{\ \}$,$\{a\}$,$\{b\}$,$\{c\}$,$\{a,b\}$,$\{b,c\}$,$\{c,a\}$和$\{a,b,c\}$)。自亚里士多德以来，逻辑学就非常重视概念的外延。可以说外延的逻辑是概念理论以及判断理论中研究得最透彻的部分。亚里士多德逻辑就主要以此为基础。形式逻辑很重视确定概念在外延上的区别，例如“并非所有发光的东西都是金子”这个判断中，“发光的东西”的外延大，“金子”的外延小，所以这个判断是正确的。

概念的内涵和外延可以区分，但不能分割。没有、也不可能

有只具有外延不具有内涵的概念；没有、也不可能有只具有内涵不具有外延的概念。即使虚概念也有内涵和外延，它的内涵是人们主观意识把不同的客观对象的属性综合而成，它的外延是零类。

概念的内涵和外延是随着概念所反映的事物的发展变化以及人们对事物认识的不断深入而发展变化的。但是在一定的条件下，特别是在同一议论中，概念的内含和外延都应该是确定的，不能一会儿指这，一会儿指那，这是概念要明确的首要要求。

此外，要做到概念明确还必须弄清楚这概念和其他概念的关系，也就是要运用定义、划分等逻辑方法来使概念明确。从与其他概念的比较中进一步明确概念的内涵和外延。对一个概念所下的定义，也就是揭示此概念的内涵或外延的简明公式。最常用的下定义方法是对被定义概念最邻近的属概念加“种差”。概念的划分，即按照一定标准把概念所反映的事物区分为若干个群、类以揭示概念的外延，是确定概念外延的辅助方法。这种按照某一标准把事物加以划分的方法，是一种有价值的研究方法。例如把数划分为奇数和偶数，对数学的研究和发展起了促进作用。

概念明确是正确思维所必需具备的条件，只有概念明确，才能作出恰当的判断，才能有合乎逻辑的推理。否则，判断和推理就会出现差错，就会发生混淆概念、偷换概念等错误。

2. 判断

判断是反映思维对象之间联系情况的思维形式，例如对两个事物之间的关系进行肯定或否定。如果只提出问题，而没有肯定什么或否定什么，就构不成判断。

句子是判断的语言形式。任何判断都是用句子来表达的，但不是任何句子都是判断，如纯粹问句就不是判断。用语言把判断表达出来便叫“命题”。

形式逻辑要研究各种判断的形式及其规律，研究每一种判断

形式有什么特点，以及各种判断形式之间有什么关系。总起来说是要达到判断恰当的目的。

一个判断，只要大体符合实际，就可以说是真实的或正确的。但是，有时一个真实的判断，却可能比较笼统，不够确切严密。只有正确地、恰如其分地反映了实际情况的判断，才是恰当的判断。判断恰当不仅要求判断真实可靠，而且要求准确严密和尽可能做到恰如其分。

形式逻辑详细地研究了判断的分类，即按照不同的根据把判断分为不同的种类。例如按判断主、宾词的联接方式不同，判断可以分为六种：

判断
- 直言判断——反映对象具有或不具有某种性质　S是（不是）P
- 假言判断——表示条件与结果的关系　如果p那么q
- 选言判断——断定几个可能的事物、情况（几个支判断）中至少有一个事物情况存在　p或者q
- 联言判断——断定几种事物情况同时存在　p并且q
- 关系判断——反映客观对象之间的关系　$R(A, B)$
- 模态判断——断定事物情况的可能性、实然性或必然性　S可能（确实、必然）是（不是）P

这六种判断又可以按照不同的根据再划分成若干种。例如：

直言判断
- (1)
  - 肯定判断　S是P　宾词是不周延的
  - 否定判断　S不是P　宾词是周延的
- (2)
  - 单称判断　对单个事物的判定，主词通常是专有名词（也有例外）
  - 特称判断　主词都是不周延的
  - 全称判断　主词都是周延的

(3) 全称肯定判断　所有 S 是 P　SAP
全称否定判断　所有 S 不是 P　SEP
特称肯定判断　有些 S 是 P　SIP
特称否定判断　有些 S 不是 P　SOP

假言判断
- 充分条件假言判断　有 p 必有 q，无 p 不必无 q（p 是 q 的充分条件）
- 必要条件假言判断　无 p 必无 q，有 p 不必有 q（p 是 q 的必要条件）
- 充分必要条件假言判断　有 q 必有 p，无 q 必无 p（q 是 p 的充分必要条件）

选言判断
- 相容选言判断　p 或者 q（支判断是相容的）
- 不相容选言判断　要么 p，要么 q（支判断是不相容的）

关系判断
- 按对象数量的多少
  - 二项关系　$R(A,B)$
  - 三项关系　$R(A,B,C)$
  - 多项关系　$R(A,B,C\cdots N)$
- 按对象的数量关系
  - 相等关系　$A=B$
  - 大于关系　$A>B$
  - 小于关系　$A<B$

模态判断
- 或然判断（可能判断）　S 可能是（不是）P
- 实然判断　S 确实是（不是）P
- 必然判断　S 必然是（不是）P

形式逻辑从判断的结构方面来研究判断，从而提供了使判断恰当的知识和规则。从判断的分类知识出发，人们就可以根据客观事物的具体情况，选用相应的合适的判断形式，作出恰当的判断。从判断的各种形式来看，一个判断无非是简单判断或简单断判的复合，只要掌握使简单判断确当的要领，就能做到判断确当。简单

判断一般有四个组成部分：量项、主项、联项和谓项。例如“一切反动派都是纸老虎”这个判断中，“一切”是量项，表示主项的数量概念；“反动派”是主项，表示被断定的对象的那个概念；“纸老虎”是谓项，表示被被断定的对象的性质的概念；“都是”是联项，表示主项与谓项的关系的概念。一个简单判断恰当与否，从形式逻辑的角度来看，关键是能否准确地使用“量项”和“联项”。量词决定了判断是全称还是特称，使用不当，判断便不能恰当。联词使用是否恰当，例如该肯定的是否肯定了，该否定的是否否定了，以及分寸的把握（“一般地是”、“个别地是”、“基本上是”……）是否合适，都决定着判断是否恰当。

3．推理

推理是由判断组成的，推理是由一个或几个已知的判断推出一个新判断的思维形式。推理的语言形式是句组（复合句）。形式逻辑要研究推理与论证的形式及其规律性，保证推理能合乎逻辑。

任何推理都包含三个要素：一是前提，即作为出发点的已知判断；二是结论，即由已知判断推出的新判断；三是推理的根据，即由前提到结论的逻辑联系的方式。

推理是一种中介和加工，是对直接取得的经验的加工。推理所以对思维有用，是因为推理使思维的发展成为可能，使人们不必根据单个的经验不断地做出成百万、成千万特称判断，推理与概念、判断不同，它把抽象思维提高到一个更高的阶段。推理是一种重要的认识方法，无论是在日常生活中，还是科学研究领域里，都要运用推理的方法来认识客观事物，获得新的知识。

我们运用概念和判断进行推理的目的，是要获得正确的结论。而一个推理要能够成为真实可靠的结论，必须具备两个条件：第一，推理的前提是正确的；第二，推理的过程是符合思维规律的。也就是由前提到结论要具有逻辑联系，推理形式要是正确的。“如果我们有正确的前提，那么结果必定与现实相符。”①

这两个条件缺少一个就不能得到可靠的结论。但是第一个条件，即研究推理的前提是否真实和怎样才能真实，不是形式逻辑的任务，而是应该由专门科学和具体实践来解决的。例如“凡金属都能导电，铝是金属，所以铝能导电”,这个推理的前提是否真实，不是靠形式逻辑来解决，而是靠自然科学和工业实践来解决的。形式逻辑的任务是告诉我们：一个正确的推理应当遵守哪些规则，和怎样才能保证推理形式正确，避免产生逻辑错误。所谓“推理有逻辑性”，或“推理要合乎逻辑”，严格的说就是指这一点而言。

为了使推理有逻辑性，就必须了解和熟悉各种不同推理的形式及其特点，掌握它们各自的规则和要求。

推理可以划分为许多种类。根据前提的数量，推理分为直接推理和间接推理。凡是由一个前提推出结论的推理叫直接推理，凡是由两个或两个以上的前提推出结论的推理叫间接推理。

(1) 直接推理

直接推理有两种：一、根据对当关系的直接推理；二、根据判断变形的直接推理。

根根判断的对当关系的直接推理有四种情况：一、由一个判断之真推出另一判断之假；二、由一个判断之假推出另一判断之真；三、由一个判断之真推出另一判断之真；四、由一个判断之假推出另一判断之假。直言判断间的对当关系如图 3-1 所示。

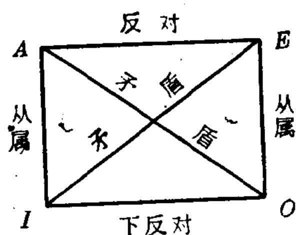


图 3-1 逻辑方阵（对当关系）

根据判断变形的直接推理是通过改变一判断的形式而得到一个新判断的推理，又可分为换质法，换位法，换质位法和附性法四种。

换质法是由一个性质判断，改变其肯定或否定的性质而不改变其意义，推出另一个性质判断的直接推理

$$SAP \longleftrightarrow SE\overline{P}$$

$$SEP \longleftrightarrow SA\overline{P}$$

$$SIP \longleftrightarrow SO\overline{P}$$

$$SOP \longleftrightarrow SI\overline{P}$$

通过换质法，可以从肯定与否定两个方面认识同一对象，使认识更明确、全面；可以从肯定与否定两个方面表达对同一对象的认识，使表达鲜明而有力。

换位法是由一个性质判断改变其主项、谓项位置，推出另一个性质判断的直接推理。

$$SAP \longrightarrow PIS$$

$$SEP \longrightarrow PES$$

$$SIP \longrightarrow PIS$$

SOP 不能换位，因为 SOP 中主词不周延而宾词周延

通过换位法可改变原判断的思维对象，有助于揭示谓项的周延性。原判断的谓项，一般没有量的标志，因此谓项是否周延，往往不容易明确。换位后原来的谓项变为主项，往往有量的标志，因此，是否周延容易明确。

换质位法是换质法和换位法联合运用的直接推理。其程序一般是先换质，后换位。

$$SAP \longrightarrow SE\overline{P} \longrightarrow \overline{P}ES$$

$$SEP \longrightarrow SA\overline{P} \longrightarrow \overline{P}IS$$

$$SOP \longrightarrow SI\overline{P} \longrightarrow \overline{P}IS$$

$SIP \longrightarrow SO\overline{P} \longrightarrow ?$（因为 $SO\overline{P}$ 不能换位，故 SIP 不能换质位）

通过换质位法可以用是否具有某种属性为标准，把某类对象与非某类对象鲜明地区别开来。

附性法是将标志一定属性的词分别附加在判断主宾词前面从而构成一个新判断的推理

所有 S 是(不是) P —— 所有 NS 是(不是) NP

通过附性法可以由较一般的判断推出较不一般性的判断，这也是一种常用的逻辑方法。

(2) 间接推理

间接推理，根据推理过程的方向又可分为：演绎推理（由一般到个别），归纳推理（由个别到一般）和类比推理（由个别到个别）三种。主要的推理形式是演绎推理和归纳推理。

A. 演绎推理

演绎推理是把一般性的知识应用到特殊的场合，演绎推理的特点是：如果前提真，推理形式正确，那末结论一定是真的。

按照推理的前提是简单判断还是复合判断，演绎推理分为：(一)简单判断的推理——三段论等；(二)复合判断的推理——假言推理、选言推理和二难推理等。在这些推理形式中主要的和基本的是三段论。

三段论是借助于一个共同概念把两个性质判断联系起来，从而推出结论的演绎推理。三段论是由三个简单判断组成，并恰好有三个不同的概念做主谓项，其中有一个概念在两个前提中都出现，叫做“中项”(M)。中项是媒介概念，三段论就是通过中项的媒介作用，从两个前提推出一个结论来的。

$$\begin{array}{c} M-P \\ \underline{S-M} \\ S-P \end{array}$$

三段论的思维结构形式比单一的思维形式更复杂，因此为保证推理过程不出逻辑错误，在演绎推理时，必须遵循以下六条规则才能保证推理合乎逻辑，保证推出的结论是正确的。这六条规则是：（一）必须而且只能有三个概念，否则就要犯“四概念”错误。而且每个概念（名词）必须在推理中出现两次。（二）中项至少在一个前提中是周延的，否则就会犯“中词不周延”的错误，也就是说必须有一个前提是全称判断。（三）前提中不周延的概念，在结论中也不得周延，否则会犯“小词不当周延”或“大词不当周延”的错误；亦即结论中的概念（名词）的外延必须与该概念（名词）在前提中的外延相同，因此，如果一个前提用的是特称判断，则结论也应是特称判断。(四)从两个否定前提推不出结论，因为演绎推理的原则是从一般到个别，从全称判断推出特称判断性质的结论。(五)如果有一个前提是否定的，则结论也应该是否定的，如果结论是否定的，则前提中必有一个是否定的。(六)从而个特称前提推不出必然结论。只有符合这六条规则的三段论才是正确的。

根据中词在前提中的位置不同，直言三段论又可分为四个格，见图 3-2。

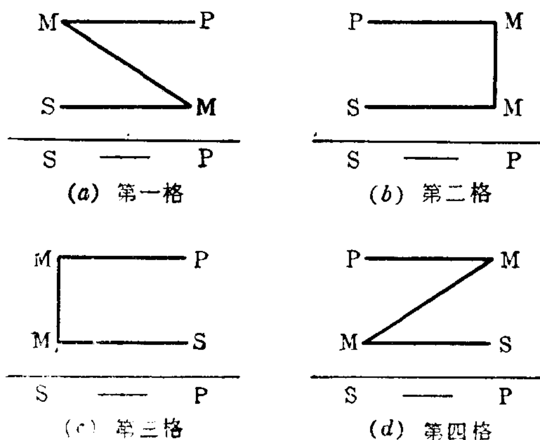


图 3-2 直言三段论的四格

关于三段论的格的概念是亚里士多德创始的，亚里士多德区分了三个格，后来伽连(Galen，129?-?200 西西里)又补充了第四格，但是第四格并没有多大实用价值。第一格是三段论的基本形式，黑格尔称之为三段论的“概念的现实”。第一格常用于证明某一判断的真实性，它典型地表现了演绎推理由一般到特殊的思维过程。第二格常用于说明某一特殊事物不属于某一类事物或反驳某一肯定判断。第三格常用于以特殊情况来反驳全称判断。各个不同的格，又都有各自的具体规则。

由于组成直言三段论的三个判断的质和量的不同而形成各种不同形式的直言三段论，叫做直言三段论的式。在每一格中，根据判断的质量不同，大、小前提和结论都可能有四种判断(*A*、*E* *I*、*O*)，因此排列起来可能有六十四种式。当然在这六十四种式中，真正能在实际中使用的仅有二十多种。中世纪经院哲学曾将四个格的二十多种有用的式，用拉丁文编成诗句以便背诵。但后来竟发展成一种迷信，以为这首诗中所表达的公式可以代替思维，成了僵死的经院哲学的象征。

格和式对研究三段论的丰富多采的形式，对它进行分类和检验能起很大的作用。康德对三段论的格、式的区分持否定态度，而黑格尔则重视这种区分。关于“格”，黑格尔曾作过这样的评述(他称格为式)，“所谓推论的诸式，亚里士多德很正确地只举出三式；第四式是多余的，甚至可说是近代人的无聊的附加，在人们通常的研究方式里只是依次列举出来，极少有人想到指出它们的必然性，更少人想到指出它们的意义与价值。因此无怪乎这些式后来仅被当作空疏的形式主义来处理。但是它们都具有一个很重要的意义，这意义建立在这样的必然性上面，即每一环节作为概念规定本身都有成为全体并且成为起中介作用的根据。”②最后两句话，列宁把它摘录在其哲学笔记里。③

对于三段论的详细研究是形式逻辑的重要贡献。我们以三段

论为基础熟悉了各种推理形式的特点，并严格遵循它们的规则，就可做到推理有逻辑性，保证演绎推理所得的结论的正确性。

B．归纳推理

归纳推理一般是从关于特殊对象的知识得出一般性的知识，是从关于某类中个别对象具有某种属性，得出关于这类中别的对象也有这种属性的推理。人们的认识总是先获得个别对象的知识，而后在此基础上逐步形成关于客观事物的普遍性知识。因此，对作为从已知推到未知、寻求新结果、获得新知识的方法的逻辑学来讲，归纳推理的作用比演绎推理的作用更大。但是归纳推理的特点是：推理的正确形式并不保证从真的前提一定得到真的结果，它只能肯定从真的前提得到的结论有一定程度的可靠性。

观察和实验是归纳推理的基础和前提。观察和实验使人们得到关于个别事物的判断，并以之作为前提来进行归纳推理；而且不经过反复地观察和实验，不获得比较丰富的材料，就不可能进行归纳。

归纳推理的出现也正是适应以观察和实验为基础的近代自然科学产生后，对思维逻辑方法的要求。演绎推理，如伽利略所正确地发现的，只有从现有的前提出发才是可能的，因此演绎思维只能在一定范围内进行。归纳推理的目的就是利用新的事实、新的经验材料来扩大我们的知识。近代自然科学的鼻祖培根认为，我们不能直接从单称判断得出全称判断，不能直接从事实推出规律。从特称判断到全称判断的逻辑途径要通过中介性的、相对全称的判断，然后再从全称判断到更高程度的概括，这种通过中介途径而得到的中等概括程度的全称判断，在科学研究中起着特别重要的作用。

当然，归纳不是任何事实的观察的总和，不是经验和观察材料的简单总结。归纳推理有各种不同的形式。各种不同的归纳推理形式又各有自己的规则，而只有遵守这些规则才能做出正确

的归纳。

归纳推理可分为：完全归纳推理和不完全归纳推理。完全归纳推理是在其前提中断定了某类的每一分子具有某种情况，推出断定这个类具有某种情况的一般性结论。不完全归纳推理是在其前提中断定某类的部分分子具有某种情况，推出断定这个类具有某种情况的一般结论。

完全归纳推理从科学角度来看并不提供任何新的知识，而只有不完全归纳推理才能提供新的知识。中世纪的经院哲学认为只有完全归纳法才是令人信服的推理。伽里略曾对这种论点展开了尖锐的斗争，他论证说："如果归纳法必须列举一切特殊的场合，那么归纳法就是不可能的或者不必要的。所以说不可能的，是因为特殊的（个别的）场合是无数的，而如果他们是可以一一列举的，那么归纳法也就不必要了，或者正确些说，用这种归纳法得出的结论是毫无价值的。例如，如果地球上总共有三个人，那么说'安德列在跑，雅各在跑，约翰在跑，所以一切人都在跑'，就是对任何人都不需要的结论，并且是地道的同义反复。因为这样的论断就像是这样的东西，'因为安德列在跑，雅各在跑，约翰在跑，所以安德列、雅各、约翰都在跑'。由于特殊的（个别的）场合的数目大都是无限的，所以归纳法只要用最适合于概括的个别事实来进行证明，就具有证明的效力。"④完全归纳推理是从个别事实的整个总和做出一般结论的归纳推理，用逻辑学的术语来说，就是在大前提中表现出来的主词的外延与谓语的外延是一致的。因此，归纳推理如果要成为有用的和具有一定程度的创造性就应该是不完全归纳推理。

不完全归纳推理根据各个前提来确定从属关系，形成外延大于各前提的外延的判断。这是归纳推理有别于三段论演绎推理的最重要不同点。不完全归纳推理是从个别情况推知一切情况，也就是从已知的东西推知未知的东西。用这种推理方法，虽然有更

多的认识新的联系的机会，但是同时犯错误的机会也增多了。

不完全归纳推理分为简单枚举归纳推理和科学归纳推理两种。

简单枚举归纳推理是通过简单枚举某类事物的对象的某种情况，在枚举中又没有遇到一个矛盾情况，而得出这类所有对象都有此情况的归纳推理。

$$\cfrac{A\left\{\begin{array}{l} S_1\text{ 是（不是）}P \\ S_2\text{ 是（不是）}P \\ S_3\text{ 是（不是）}P \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array}\right\}\text{未发现相矛盾的情况}}{A\text{是（不是）}P}$$

运用简单枚举归纳推理时，要注意不能有例外，有矛盾的情况。逻辑学上常用天鹅是白色的这个例子。天鹅是白色的是用简单枚举归纳推理得出的结论，但是人们发现澳洲后，因为澳洲有黑天鹅，而推翻了天鹅是白色的这个结论。穆勒还有趣地说，中非洲的黑人在还没有碰到白人以前，显然以为所有的人都是黑的。恩格斯在《自然辩证法》中曾举文昌鱼是没有脊椎骨的脊椎动物为例来说明归纳法不是万能的。⑥

用简单枚举归纳推理得出的结论，其证明力是薄弱的，（一般地说，枚举的数量越大，结论越可靠），虽然如此，这样的结论常常是正确的，并且为我们在实践中，特别是日常生活中被有效地利用。科学上有一些结论，最初也是运用简单枚举归纳推理得出来的。在教学上，例如教数学，有时引出某些公式，也常用简单枚举归纳的方法。但是，这种推理方法却不能满足科学的要求，因为用这种方法进行的概括，只适用于那些停留在现实表面上的现象，以及事物表面的联系和属性。简单枚举归纳推理在科学认识中只能起辅助手段的作用。

简单枚举归纳推理只有在下述情况下才是有用的，即它以对

极大量情况的观察为基础，而推理的结论只涉及比较固定不变的或经常出现的现象，而且是只包括范围有限的、比较狭小的一群对象或特性。

在简单枚举归纳推理中，前提和结论之间没有必然联系，亦即结论的真实性没有保证；要使结论真实，还需要进一步加以验证。

科学归纳推理是简单归纳推理的发展，科学归纳推理是根据对某类中部分对象及其属性之间的必然联系的认识，推出有关对象的一般性结论。

$$
\begin{array}{l}
A\left\{\begin{array}{l}
S_1\text{是（不是）}P\\
S_2\text{是（不是）}P\\
S_3\text{是（不是）}P\\
\cdots\cdots\cdots\cdots\\
S_n\text{是（不是）}P
\end{array}\right\}S\text{与}P\text{有必然联系}\\
\hline
\text{凡}S\text{都是（不是）}P
\end{array}
$$

科学归纳推理和简单枚举归纳推理，在形式上虽然相似，而在实质上是有差别的。第一，它们的根据不一样，科学归纳推理是以认识事物之间的必然联系为根据推出一般性的结论；而简单枚举归纳推理，则只是根据某属性对于某类中一些对象的不断重复而未遇到矛盾情况而推出一般性的结论。第二，它们依据的事实的要求不一样。对于简单枚举归纳推理来讲，被概括的事实的数量越多，结论的可靠性越大；但对于科学归纳推理来说，事实的数量不起重要作用，因为它是以认识规律性、因果联系为根据，为数不多的几个典型事实（有时甚至只要一个典型事实），就可概括出可靠的结论。

科学归纳推理与其他归纳推理所以不一样，所以冠以科学两字，是因为这种归纳推理法是一种科学的逻辑方法，穆勒就称它为科学逻辑。形式逻辑经常以“人都要死，张三是人，所以张三

要死"为事例，其实，科学所关心的不是一切人都会死，也不是张三会死、李四会死，而是关心不同年龄和职业集团的死亡率和原因。这种要求既不是三段论演绎推理，也不是完全归纳推理和简单枚举归纳推理所能达到。只有有科学根据的科学归纳推理才能获得科学研究所需要的结论。

科学归纳法的主要目的是发现事物的因果关系。培根在他的《新工具论》中已正式讨论过这个问题。德国天文学威廉·赫瑟尔(William Hershel, 1738-1822)在他的《自然哲学研究讲话》中，也曾讨论过如何探求事物间的因果关系的逻辑方法，并作出了一定的贡献。穆勒则在总结前人工作的基础上，更具体地提出了有名的五种科学归纳法。也就是通常形式逻辑教科书中讲的五种科学归纳法：求同法，差异法，求同差异并用法，共变法和剩余法。

求同法

A,C,D,E——B

A,F,G,H——B

A,K,L,M——B

…………………

所以 $A\longrightarrow B$

差异法

A,C,D,E——B

C,D,E——无B

所以 $A\longrightarrow B$

求同差异并用法

A,C,D——B

A,E,F——B

D,G——无B

C,H——无B

所以 $A\longrightarrow B$

共变法

$$A, F —— B$$
$$A', F —— B'$$
$$A'', F —— B''$$
$$\cdots\cdots$$
$$\text{所以} A \longrightarrow B$$

剩余法

$$A, C, D —— BEF$$
$$\text{已知} C, D —— E, F$$
$$\text{所以} A \longrightarrow B$$

这种判明因果联系的逻辑方法的特点是：第一，原因必然是先行于结果的现象；第二，原因必然是作用于结果并引起结果的现象。判明现象间的因果联系，确定某一现象的原因，就是要在这一现象的诸先行现象中找出作用和引起这一现象的现象来。“为了了解单个的现象，我们就必须把它们从普遍的联系中抽出来，孤立地考察它们，而且在这里不断的更替运动就显现出来，一个为原因，一个为结果。”⑥

这些方法是人们在科学研究中，根据因果联系中的特点(一、原因必然是先行于结果的现象；二、原因必然是作用于结果并引起结果的现象)，而对有关现象进行篩选、淘汰而确定在前后相随的一些现象间的因果关系。即通过某些现象的相关变化(如同时出现、同时不出现、同时按比例变化等)的事实寻找研究对象的因果联系。例如人们考察物体体积和温度的关系时，即无法消除物体的体积，也无法消除物体温度，但可以运用判明因果联系的归纳法中的共变法，来确定它们之间的因果联系。许多仪表(如温度计、气压计、电表等)都是根据共变关系创造的。

在这五种方法中，求同法、差异法是定性方法，前者以观察为基础，后者以实验为基础。而共变法则是以实验为基础的定量

方法。求同法和差异法是基本方法，其他三种方法是这两种方法的补充和引伸。当然也可以说共变法是普遍的，差异法是共变法的局部表现、特例。剩余法的作用最大，因为它既以实验为基础，又以运用其他几个方法为前提，且能探求新知的未知原因。

从穆勒以后，许多逻辑学家都把科学归纳法局限于寻找事物现象间的因果联系，这是不全面的。但是穆勒的的五种方法实际上不仅仅是归纳推理，它部分地体现了演绎推理与归纳推理的结合，已超出形式逻辑的范围而带有一定的辩证性。

4. 证明

证明（逻辑证明）是用一些确实可靠的判断，通过推理，来阐明某个判断的真实性的思维形式。形式逻辑研究证明这种思维形式，是为了阐明如何才能做到使证明有说服力。

逻辑证明的结构是由论题、论据和论证方式三个部分组成。论题是其真实性需要加以证明的那个判断，它表明要“证明什么”。论据是用来证明论题的真实性所依据的那些判断，它是证明的理由和根据，表明“靠什么来证明”。论证方式就是论题和论据之间的联系方式，也就是由论据证明论题时运用的推理形式，它表明在论证过程中“如何证明”。

形式逻辑关于证明必须遵循的规则有以下四条。第一，论题要明确而保持统一。第二，论据必须是真实可靠的。第三，在一个论证中，论据不能是从论题推出的。第四，从论据推出论题要有必然性，也就是论据与论题要有内在联系。

从逻辑学来讲，遵循和符合上述四条规则的证明就是有说服力的逻辑证明。

总之，我们在运用各种思维形式时，能依照前述各种逻辑规则来进行，就能做到概念明确，判断恰当，推理合乎逻辑，证明有说服力。

二、形式逻辑思维形式在科学研究中的作用

1. 把形式逻辑从形而上学的影响下解放出来

亚里士多德的逻辑学在未遭到中世纪经院哲学家们的修正之前，并没有完全形式化。他的关于概念、判断、推理的学说，关于范畴的学说，就基本来面目而言，不仅涉及思维形式，而且也涉及到思维内容。（前面提到过，严格地说，形式逻辑的思维形式——概念、判断、推理，不能称作思维形式。可称之为思维形态，以便和真正的纯思维形式相区别，更为恰当一些。）亚里士多德没有把逻辑形式与现实内容割裂开来，相反，他力求从现实内容中、从客观事物的现实关系中引伸出逻辑形式，因此恩格斯说他已经研究了辩证思维的基本形式。但是中世纪的经院哲学和僧侣主义则"抓住了亚里士多德学说中僵死的东西，而不是活生生的东西"，"亚里士多德的逻辑被变成僵死的经院哲学"⑦。把形式逻辑的规律和形式绝对地和孤立地僵化起来，成为超越时间、空间和条件的漫无限制的"真理"，成了形而上学方法论，形式逻辑被变成纯粹形式主义的逻辑。以后，西欧逻辑学的发展就长期受到形而上学思想的影响和束缚，甚至有时被人看成是同一个东西。

实际上，形式逻辑和形而上学是有区别的，形式逻辑只是描述事物在特定条件下的相对稳定性，到此为止；而形而上学则把这种相对稳定性绝对化，把事物的整个发展过程看作是静止的、孤立的、一成不变的。形式逻辑是撇开"同一内部"的差别，抽象出同一性来，而形而上学是否定了同一和差别的统一，把抽象的同一变成了虚构的东西。形式逻辑是撇开事物的变化，在不破坏事物在特定条件下的相对稳定性时，使思维能够进行正确的推理判断；而形而上学是否定了事物的变化，把静止看作是绝对的。所以形

式逻辑和形而上学是有区别的。

思维是程度不同地从事物的本质这一层次上反映事物的活动的，要透过现象抓住本质，就要运用概念。既要运用概念就要舍弃事物在运动中的具体的、生动的现象，因而概念与概念所反映的对象相比就有着一定的隔离性和僵化性，人的认识与客观实在就不可能完全一致。但是这种认识仍然是对客观实在的正确反映。有时认识所以与实际不一致，则不是由于概念具有隔离性和僵化性，而是由于人们在思维的抽象中把概念的隔离性和僵化性绝对化了。形而上学对事物的歪曲反映，就是由这种绝对化造成的。

形式逻辑也是人类认识事物初期阶段、个别人认识事物的初期阶段，必须使用的思维形式。或者说是这阶段思维特征的抽象概括。列宁说："如果不把不间断的东西割断，不使活生生的东西简单化、粗糙化，不加以割碎，不使之僵化，那么我们就不能想象、表达、测量、描述运动。思维对运动的描述，总是粗糙化、僵化。"⑧所以形式逻辑的规律和规则是人类思维活动共同遵守的普遍规律，同时它也是作为人脑的延长的电子计算机必须遵守的规律。从思维科学发展的前景和人工智能的原则来看，辩证逻辑将来也必然与数理逻辑一样，要发展成为使用公式化方法，用形式系统模拟逻辑思维的方法。（这方面的内容，我们将在第七章内阐述）形式逻辑在一定范围内是正确的、必要的思维方法。问题是要把形式逻辑从形而上学影响中解放出来。

2. 形式逻辑的作用

形式逻辑研究思维的逻辑结构，这种研究的特点及作用和语法对语言的作用相类似。斯大林在谈到语法的特点时说："语法特点在于，它得出词的变化的规则，而这不是指具体词，而是指没有任何具体性的一般的词；它得出造句的规则，而这不是指某些具体的句子，例如具体的主语、具体的谓语等等，而是指任何

的句子，不管某个句子的具体形式如何。”⑨形式逻辑是人类悟性阶段思维活动的“语法性”的总结，它对人类思维的作用就有如语法对语言、作文的作用一样。也因此，在任何科学研究中都要运用形式逻辑，以便做到概念明确、判断恰当、推理合乎逻辑、论证有说服力，从而构成一个思想有确定性、无矛盾性、前后一贯、合乎逻辑的科学体系。

具体来说，形式逻辑在科学研究中有以下四种作用。第一，形式逻辑是获得新知识的必要条件。应用了逻辑知识，遵守了形式逻辑的规律和规则，不一定能获得新知识；但是违反了形式逻辑的要求，就一定不能获得新知识。第二，逻辑学，即使是形式逻辑也能提高思维的效率（思维敏捷还是迟钝）。所谓思维的效率主要是指思维能力的强弱和思维速度的快慢。具备一定的逻辑知识就能够比较快的从一些前提中推出结论，能够比较快的区分出推理的正确或错误，并能准确而清晰地指出其正确或错误的逻辑原因。第三，形式逻辑是人类交流思想的共同逻辑工具。科学研究工作者要学习和继承前人的成果，要和当代的人交流思想。这就必须掌握人类思维共同的逻辑结构及其规律和规则。因为不这样就无法交流思想，更不容易做到完整、准确而又提纲挚领地领会他人的思想（语言方式或文字方式表达的思想）。第四，形式逻辑是发现和揭露各种逻辑错误的有力工具。

3. 形式逻辑也起科学方法论的作用

形式逻辑关于概念明确、判断恰当、推理合乎逻辑和证明要有说服力的要求，在自然科学研究中，表现为比较的方法，和建立在比较方法基础上的分类和类比。前面说过，要判断恰当、推理合乎逻辑、证明有说服力，首先要以概念明确为基础。而所谓概念明确也就是要明确概念的内涵和外延，明确这一概念和其他概念的关系，这就要进行比较、分类、类比。比较是确定对象之间差异点和共同点的逻辑方法。分类是根据对象的共同点和差异

点，将对象区分为不同种类的逻辑方法。比较是分类的前提，分类是比较的结果。运用比较方法可以鉴别事物（定性、定量、发展次序）和揭示不易观察到的运动和变化。运用类比方法可以将事物区分为具有一定从属关系的不同等级的系统。在比较的基础上还可以进行类比，类比是根据两个(或两类)对象之间在某些方面的相似或相同，而推出它们在其他方面也能相似或相同的推理方法。类比的过程，是一个由特殊到特殊、由此物及于彼物、由此类及于彼类的过程。在科学认识中，人们为了变未知为已知，往往借助于类比的方法，把陌生的对象和熟悉的对象相比，把未知东西和已知的东西相比。这样作能起启发思路、提供线索、举一反三和触类旁通的作用。

18世纪以前的自然科学的各种成就的取得是在人民群众长期的生产实践和自己的大量观察、实验的基础上，依靠自己的科学素养和正确的科学方法论取得的。这些正确的科学方法论基本上属于形式逻辑范围。科学家们运用比较、分类、类比等方法中的一种或几种进行演绎推理或归纳推理而建立起自然科学的体系和总结出一些定理、定律。例如那时的生物学体系就主要是依靠分类法建立起来的，并由此引导出“物种起源”、“生物进化”等重要科学概念的产生。

再以力学为例，力学是当时成就最辉煌的学科。机械运动是人们在实践中最早认识到的物质运动形式。早在古代，由于农牧业发展的需要,人们就不断研究关于天体运动的问题。在欧洲，当资本主义兴起，在各个生产部门中，随着机器生产逐步取代手工操作，人们进一步掌握了运用机械力来为自己服务的方法。“在这种情况下，占首要地位的，必然是最基本的自然科学，即关于地球上物体和天体的力学。”⑩其杰出的代表人物是牛顿。

牛顿在伽利略落体定律的基础上，总结出力学运动，在刻卜勒(John Kepler，1571-1630)行星运动规律〔一、行星的轨道是

椭圆的，太阳位于椭圆的一个焦点。二、行星的向径（即行星与太阳所连的直线）在相等的时间内扫过相等的面积。三、行星绕太阳公转的周期的平方和它们离太阳的平均距离的立方成正比。］的基础上总结出普遍的万有引力定律。并根据这些定律创立了天体运行的理论，提出了天体力学的理论体系，实现了近代自然科学的第一次综合。牛顿概括出力学运动的时空绝对性，奠定了整个经典物理学的理论基础。由绝对时空观、伽里略变换、经典速度相加定理、力学相对性原理和无限多惯性系的存在，构成了互相联系、自洽而不矛盾的科学理论体系，这对当时自然科学的发展作出了巨大的贡献，并统治了力学学科近二百年。由于当时的自然科学还没有超出以力学为基础的范围，因此牛顿力学成了万能之宝，机械运动的规律被当作唯一的规律到处搬用。著名的科学家如惠更斯(Christian Huygens, 1629-1695)、狄德罗(Denis Diderot,1713-1784)、赫尔姆霍茨(Hermann Helmholtz,1821-1894)等都认为“力学”是普遍规律，甚至到十九世纪末，著名物理学家开尔文(William Thomas Kelvin, 1824-1907)还把力学模型当作唯一的标准。

牛顿力学由于当时实验和观察手段的限制，（当时物质生产水平所提供的手段以及对科学的要求也只能停留在这个阶段），其研究方法是建立在宏观现象的低速运动的基础上的，而从思维方法来讲基本上是形式逻辑方法论的运用。牛顿认为物体不是连续不断的，而是一个孤立的原子所构成，原子不可再分，内部没有矛盾。因此物质本质上是静止的：动者恒动，静者恒静。牛顿在《自然哲学之数学原理》一书中把力定义为：一个物体所受到的、足以改变或倾向于改变该物体的静止状态或等速(现译匀速)直线运动状态的作用。因此运动的改变(ma)，与外加的主动力成比例，而物体间的相互作用力总是大小相等方向相反。这就是牛顿运动三定律的思路。

在第一章中，我们提到过牛顿在其1687年出版的经典力学著作《自然哲学之数学原理》一书的最后一编的开首，列举了他研究自然规律方法的四条规律。牛顿创立万有引力定律就依赖这四条思维规律的思路。

英国物理学家、磁学开创者吉尔伯特(William Gilbert,1540-1603)和英国医生、解剖学家哈维(William Harvey,1578-1657)分别解释了磁力的吸力和以太是把太阳热力传给生物的心脏与血液的媒介，他们表明怎样用经验的方法来进行实验。伽利略对落体的观察和他总结的落体定律已接近质量、惯性的概念，认为行星和卫星在轨道上运行的原因是力，并证明哥白尼(Nicolaus Koppernigk,1473-1543)与刻卜勒认为在天体现象中有根本意义的数学简单性也可以在地面上的运动中进行。被誉为"天空立法者"的刻卜勒所总结的行星围绕太阳运动的第三定律和惠更斯根据物体沿圆周运动的情况总结出来的运动规律，都认为加速度与运动轨道的半径的平方成反比。牛顿在前人成就基础上算出月球向地球堕落的速度，而且以为如果平方反比定律正确，那么这力量在地球表面应比在月球表面强 60^2 倍。这个数字与地面上的实测速度相符合，从而证明了物体向地面堕落与在天空中循轨道运行的月球同为一个未知原因所支配。牛顿在他的手稿中写道："月球在轨道上运行的力与地面的重力加以比较，发现他们差不多密合"。⑪并进一步证明了刻卜勒关于行星运行轨道应该是椭圆的第一定律。并将这些力学结论总结为万有引力论，系统地叙述于1687年出版的《自然哲学之数学原理》中。

还在1684年时，伦敦皇家学院就围绕着各种不同物质间的引力性质是否同一，以及如果各种物体引力性质相同，那么引力的特性又是怎样的这两个问题展开了激烈的争论。牛顿对这两个问题的观点就是他的万有引力论，牛顿使用的思维方法，主要是形式逻辑方法。他是在事物的个性中发现出它们的共性，即抽象出运

动着的物质的共有属性。他相信自然规律都受某个简单法则支配，所以无论是苹果还是地球、是月亮还是太阳，只要它们是有质量的物体，那么运动的惯性就是它们的共同属性。而在任何两个惯性系统中，运动无论其起始于什么时间，它们的力学运动规律均相同，运动方程保持不变，其形式都是$F=m\frac{d^2x}{dt^2}$（加速度a保持不变，$a=\frac{d^2x}{dt^2}$是位移对时间t的二阶导数）。牛顿又用反推法假定，如果地球吸引月球的力和两个星球间的距离平方成反比，则月球正好运行到观察的轨道上，因此证明万有引力和两物体的距离平方成反比（$F\alpha\frac{1}{r^2}$）。

判断一个物体的运动都要依靠一个参照系。参照系不同，同一物体的同一运动的表现就不一样。我们说月球的运动轨迹是椭圆的，那是指以地球为参照系的情况而言，如果以太阳为参照系，那么月球的轨迹就不是椭圆的，而是一个环形的螺旋曲线。牛顿力学的定律并不是对任何参照系都适用的，而只适用于惯性参照系。亦即只是在静止或作匀速直线运动的参照系内才成立。现代科学已经完全证实，宇宙中并不存在这种参照系，参照系所依托的任何物体（质）都是在运动的。牛顿力学单纯研究物体的机械运动，既不考虑物体机械运动的形式与其他运动形式之间的联系，也不考虑物质本身在运动过程中质量的变化，“在力学中并不出现质，最多只有如平衡、运动、位能这样的状态，它们都是基于运动的可测量的转移，并且本身是可以用量来表示的。”⑫牛顿力学只是从量上来描述事物在时空中的位置变化。因此，牛顿力学研究的物质运动的特征是它必须具有可静止的、与其内在属性的变化无关的、绝对不变的性质，否则就无法描述力学的规律。这种状况当然是有缺陷的，牛顿自己也知道，例如他的学说中不

可能缺少的超距作用，他自己也承认可能是荒谬的。但是牛顿力学是当时人类认识所达到的程度(物质与时空关系尚未充分暴露)的条件下产生的，因此它的适用范围也是有限的，从人类思维认识发展来讲，这个范围就相当于理性认识的悟性阶段，而其逻辑方法当然就只能主要是形式逻辑方法。牛顿力学尽管有缺陷，但在宏观、低速（与真空中光速相比较）的机械运动范围内仍然是十分正确的。牛顿力学证明了形式逻辑也是科学方法论，是促使科学研究可以取得成就的方法论。

形式逻辑提出了保持思维确定性、无矛盾性、清晰性、首尾一贯性的一般原则，并在运用各种思维形式和逻辑方法时，做出了相应的规定。例加推理的规则，证明的规则，以及概念中的定义和划分的规则等等。可以说形式逻辑也是科学研究不可或缺的思维方法。

三、形式逻辑的局限性

世界上的一切事物都处于永恒运动之中，但是这种运动表现为两种状态：相对静止的状态和显著变动的状态。静止是运动的一种特殊状态，即事物处于不显著的量变或平衡的状态。承认相对静止在事物发展中的作用，是人类认识事物本质的起点，也是形式逻辑在认识中能起一定作用的客观依据。因为相对静止是认识事物的前提，事物在一定时期内质的稳定性是一事物区别于它事物的内在根据，是人们认识和利用事物的基本前提。事物又正因为有其相对静止的一面，测量运动才有可能，才有了尺度。如果没有相对静止，那么选择任何座标或参照物都将成为不可能，测量、描述、表达运动就成了无稽之谈了。

形式逻辑正是反映这种相对静止的思维状况的形式和规律，因而是一种纯量推理逻辑，它所探讨的命题是绝对“是是非非”

的。而这种绝对的“是”“非”在现实的事物发展中只是相对的，因而是有误差的。形式逻辑把事物联结在一起的各个环节彼此分隔开来考察，这里的每一个环节都是完全确定的、界限分明的，因而它只是反映了客观对象间最普遍的、最简单的关系。运用固定的范畴，按照思维现象现成的样子，对思维形式作“自然历史”的描述，正是形式逻辑思维方法的基本特征。形式逻辑虽然在科学认识中能起一定的作用，也是不可缺少的，但是它有相当大的局限性，对人类获得真理性的认识是很不够的。

在局限于形式逻辑的方式思考问题时，就只考虑事物的量的变化，而不考虑质的变化，不会用新的概念来代替旧的概念。即使出现了与旧概念不符的事实时，也只考虑如何修正、解释旧的概念，使它削足适履地去符合旧概念。也正因为如此，曾使许多科学家在真理碰到他的鼻子的时候，仍然认识不到真理。如英国化学家普利斯特列(Joseph Priestley，1733-1804)在实验中发现了氧气而仍坚持燃素说，法国物理学家卡诺(Nicolas Leonard Sadi Carnot,1796-1832)发现了热循环、热工当量而未能总结出能量守恒定律。

以形式逻辑为基础的判明因果联系的科学归纳法（穆勒五法），尽管在科学研究中能起一定的作用，但也由于其形式逻辑方法的局限性，而带来方法论上的局限性。因为判明因果联系的基本点是把个别现象从普遍联系中抽取出来，加以隔离作单独的考察。这种方法，如前所述在认识上是不可避免的，但却又同时包含着忘却和抛弃普遍联系的可能性，包含着可能导致形而上学的认识论根源。判明因果联系的五种归纳逻辑法，恰恰只是考虑到如何从联系中抽出个别，而没有解决如何在联系中把握个别的问题。它们不仅未能唤起人们注意防止孤立性、片面性，而且往往以孤立性、片面性为其研究的前提。正是这种情况，决定了这些逻辑方法具有内在的局限性。这种局限性在实验方法上的集中反

映就是忽视诸因素是同时存在并相互影响的。这种方法，在情况较简单时，效果显著，这是因为在这种场合下，它的局限性不明显。而在稍微复杂的情况下，这种方法就显现出缺点和错误来了，情况愈是复杂，其结果也就偏差愈大。例如，把水与酒精混合后得混合液 4 公升，如已知水为 2 公升，则根据剩余法可确定酒精为 4 公升减 2 公升，即有 2 公升酒精，但这个结论却是错误的。它忽视了混合后因密度改变，而体积会起变化这个因素。又如在机械学中，为了判明皮带的弹性滑动（过去叫失效、打滑）的诸原因的作用，研究者往往采用差异法，把影响皮带打滑的四个因素（皮带的速度、皮带的包角、轮的轴线相对位置、载荷）分别逐一进行实验(单参数试验)。也就是先假定三个因素不变，只有一个因素的变化在影响着皮带打滑，从而得出此因素影响皮带打滑的数据。然后再用同样的方法分别考察另外三个因素变化时的影响，取得数据。最后把这四个数据叠加和折算而得出结论。这种研究方法由于忽视了不可略去不计的诸原因的相互作用（例如转速加大时，就使皮带的包角变小），因而得出的结论就不能不发生误差。当然这种误差，有时在工程上也是允许的，但是在其他领域，例如医学诊断上，金属学的相图上，这种单参数试验法造成的恶果就较为明显。

可见由于形式逻辑的局限性，以形式逻辑为基础的科学研究方法就不足以取得真理性的认识。在比较简单的运动形态（如一般机械运动的力学过程）中，由于诸先行条件或原因间的相互联系可以略去不计，而使得这种判明现象间因果联系的归纳法能起较大的作用。但是在比较复杂的运动形态中，它们的运用就受到很大的限制(虽然并不是完全不可应用)，暴露出明显的局限性。例如在生物学研究中采用这种方法（如急性实验法），就容易歪曲过程的本质。至于社会现象运用这种方法，就更不合适。在自然科学研究中，形式逻辑在历史上曾起过主要作用，而在社会科

学史上就不出现这种状况。形式逻辑方法的价值可以说是随着物质运动形态的复杂化而越加减少。

要克服形式逻辑的局限性，就得依靠辩证逻辑的指导。在辩证逻辑的指导下来运用这些方法。

此外，形式逻辑未能从根本上或实质性的内容上作出实施形式逻辑各项原则的保证，以致这些原则对于正确思维尽管是必要的，但却是不够的。例如，直言三段论中的“四名词”错误，“前提必须真实”的要求等等，光靠形式逻辑也无法解决抽象思维活动不可避免的与对象的具体、多样性，对象的灵活变动性和对象只是其体系中的一分子的属性之间的差距。

我们仍以力学为例。牛顿运动定律的第一、第二定律，单靠形式逻辑就可以在实验的基础上概括出来，而第三定律，特别是万有引力定律已经在形式逻辑之外须要补充以辩证思维。但总的来说牛顿力学就其思维方法来讲是以形式逻辑为基础的，这就是为么什这个比较严密的科学理论须要依靠上帝作它的“第一推动力”的根本原因。牛顿认为根据万有引力定律完全可以掌握在行星上抛射物体的运动。他举了这样一个例子：在地球的一座高山上，从水平方向抛射一石块，由于重力作用，石块不是直线飞出，而是沿曲线落到地面。如果忽略空气阻力，抛射速度大到一定程度，石块将环绕地球做圆周运动，成为地球的“卫星”。地球绕太阳转，就如同石块绕地球转一样，在开始时在轨道的一定位置上必须有一个第一推动力，即给它一个初速度。牛顿认为除了“神臂”以外，自然界中没有任何力量可以造成这种横向运动。牛顿的推理从形式逻辑的角度来看是严密的，但这个结论却是错误的。因为它的推论的前提是错误的，地球、太阳系及其运动规律是自然界物质运动变化发展过程中逐步形成的，在地球上抛石块是一种既成的现象，两者不能相提并论。而只有越出形式逻辑的范围，克服它的局限性，才能真正做到科学地解释天体运动的

现象和规律。

牛顿运动定律对宏观低速运动来讲是正确的，但是对于接近光速的高速运动和微观物体的运动，牛顿的定律就不适用了，而必须代之以相对论和量子力学。相对论和量子力学的提出从思维方法来讲是依靠辩证思维（自觉地加以总结的话，就是辩证逻辑）而不是形式逻辑。

十九世纪末，经典物理学以牛顿力学、麦克斯韦电磁场理论和经典统计力学为支柱，形式成了一个完整的理论体系。由于受到物理学辉煌成就的吸引以及形而上学思想的束缚，当时绝大多数物理学家都深信，物理学的各种基本问题，在原则上都已得到解决，它的基本理论体系已经发展到完善的阶段，囊括了一切物理现象的基本规律，它不会再有重大发展了；剩下的只是解微分方程和具体应用的问题了。即使后来科学的发展，暴露出了一些问题，如1887年美国物理学家迈克尔逊(Albert Abraham Michelson, 1852-1931)和莫雷(Edward Williams Morley, 1836-1923)为探测地球在“以太”中的绝对运动，而得出否定“以太”存在的实验，动摇了绝对时空观。英国物理学家瑞利(John Strutt Rayleigh, 1842-1919)和金斯(Sir James Hopwood Jeans, 1877-1946)推导出了黑体幅射能量密度的频率分布公式，以及1902年德国的勒纳(Philipp Lenard, 1862-1947)总结出光电效应的经验规律，严重地冲击了经典电磁波理论关于能量连续辐射的观点。物理学家们对这些实验结果徨惑不解，但始终认为经典物理学是绝对不变的真理。1900年，当时物理学界的权威开尔文爵士(William Thomas Kelvin, 1824-1907)在一篇演说中，就把迈克尔逊——莫雷实验对“以太”的否定，和同黑体幅射有关的能量均分定律的失败，比喻为笼罩在物理学“晴朗天空”中的两朵很不协调的“乌云”；开尔文还认为，这两朵“乌云”似乎是应该在经典物理学范围内被驱散的。

但是就是这几朵“乌云”孕育着巨大的风暴，带来了本世纪初自然科学、首先是物理学的大革命。完成这一任务的是爱因斯坦和他的相对论。爱因斯坦的科学研究方法完全冲破了形式逻辑的框框，爱因斯坦的物理学方法论体现着深刻的辩证法思想，例如他认为理论应该建立在普遍意义的事实之上，而不是以任何一个个别的实验事实作理论的基础，而且他还把理论看作是历史的、发展的真理过程。“知识有一个理想的极限，而人类的智力正在逐步接近这个极限，也就是这样，他可以把这个理想极限就叫做客观真理”。⑬辩证思维是从牛顿的经典力学发展到爱因斯坦的相对论的桥梁。要在科学研究的方法论中克服形式逻辑的局限性，就必须引进和运用辩证逻辑。

总之，从力学发展的事例中可以看到形式逻辑的思想方法本身是从人们对自然界的初步的近似认识中发展起来的，同时也推动人们去近似地认识自然界的各方面。但是随着科学的发展，形式逻辑这种方法论的局限性就日益暴露。牛顿运动定律的前提是“绝对时间”、“绝对空间”，而当人们对粒子内部的结构、光、电子、银河系等的认识深入以后，质点、质量随着运动的蜕变就显露了“绝对时空”的虚伪。牛顿以及18、19世纪的许多物理学家、化学家在他们理论体系中都依靠神助(如“第一推动力”)正是形式逻辑思想方法不可避免的悲剧性结果。但也正是这类悲剧成了逻辑学进一步发展的动力，孕育着辩证逻辑的胚胎。

注：

①恩格斯：《〈反杜林论〉的准备材料》，《马克思恩格斯全集》第20卷，第661页。

②黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第363页。

③《列宁全集》第38卷 第193页。

④《伽利略著作集》第12卷第512页。转引自贝拉·弗格拉希：《逻辑学》，三联书店1979年版，第288-289页。

⑤恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第206页。

⑥同⑤，第 210 页。
⑦同③，第 416,417 页。
⑧同③，第 285 页。
⑨斯大林：《马克思主义与语言学问题》，人民出版社1971年版，第17页。
⑩同⑤，第 9 页。
⑪转引自W.C.丹皮尔：《科学史》，商务印书馆1979年版，第 222-223 页。
⑫同⑤，第 48-49 页。
⑬A.爱因斯坦，L.英费尔德：《物理学的进化》上海科技出版社1979年版，第23页。

第二节　形式逻辑思维形式的辩证运用

一、思维是统一的人类思维

在人类思维活动过程中，由于重点、主导方面不同而显现出不同的阶段，人们研究人类的思维活动也可以从不同的侧面来进行，因而我们可以将思维活动区分为感性与理性，悟性与理性，形式逻辑与辩证逻辑或是信息的输入、加工、存储、输出等不同的研究领域。这些不同的领域总起来讲是统一的人类思维活动的某个阶段或侧面。人的认识从感性到理性，以及理性阶段的从悟性发展到理性都是同时存在，交叉进行的，从信息的角度讲也是交叉叠加的；只是由于实践发展的水平不同，意识、思维发展的成熟程度不同，而显现出阶段性来，在感性认识阶段，意识处于感觉、知觉、表象为主要形式的阶段，而理性认识处于潜伏状态。在理性认识阶段则理性认识从潜状状态转化为主导的支配的地位。在理性认识发展上升的两个阶段中，在前一阶段悟性占主要地位，理性以潜在因素的形态处于从属的地位，发展到后一阶段，潜在的

因素发展起来逐步由从属的地位转化为支配的地位。但就整个认识过程来说却是对同一客观事物的同一个反映过程，同一个信息传输过程，同一个思维过程。

正因为人类的思维过程是一个统一体，所以在任何阶段都既有形式逻辑范围的思维活动又有辩证逻辑范围的思维活动；只是有的阶段着重于前者，有的阶段着重于后者而已。在人们的思维活动中以悟性活动为主时，不等于没有理性活动、没有辩证思维。反之亦然。客观事物是静态与动态的统一，在思维形式上就是形式逻辑与辩证逻辑的统一。我们在研究人类的思维活动时，对思维过程进行解剖、分析时，可以把它分割开来，并划分成各种思维形式。就这些思维形式的关系来讲，理性、辩证思维是在悟性思维的基础上发展起来的，也就是说辩证逻辑是在形式逻辑基础上进行的。从人类思维发展的过程说，也是先总结出形式逻辑后总结出辩证逻辑的。辩证逻辑也不是否定形式逻辑，而是对形式逻辑的扬弃，既包含形式逻辑的合理的、正确的内容，又克服了它的局限性。

但是我们并不能把辩证逻辑与形式逻辑看成是高级阶段和低级阶段的关系。如数理逻辑从认识论角度讲仍是形式逻辑，但它与形式逻辑的关系，就不是高级阶段与低级阶段的关系。我们只能说辩证逻辑和形式逻辑是从不同的侧面来研究统一的人类思维的形式并揭示其本质和规律。

二、形式逻辑思维形式的辩证运用是建立辩证逻辑体系的第一步

用形式逻辑来解释事物的现象，以思维的明确性、首尾一贯性来保证认识的正确性，这是正确的、不可缺少的。但是这还不够，人的认认必须运用辩证逻辑才能保证认识论上的正确性，保证主观辩证法与客观辩证法的统一、形式与内容的统一。

康德是第一个发现传统逻辑的不足，并称之为形式逻辑的人。康德把自己创立的"先验"逻辑与亚里士多德奠基的传统逻辑相对立，而把后者称为形式逻辑。康德认为逻辑应分为一般逻辑与先验逻辑两类，他说的一般逻辑就是传统逻辑。他所说的先验逻辑是关于人类认识、先天的纯粹知识的起源和范围，以及科学知识（特别是数学与物理的知识）的有效性、可靠性问题。康德认为形式逻辑之所以是形式的，并不是因为他研究思维的形式，因为这是一切逻辑学的特点；只有当形式逻辑在研究思维的形式时撇开形式和内容的联系，它才具有"形式的"性质。康德对形式逻辑的这种论述只是抓住了形式逻辑的一个特征，并不全面。

当然形式逻辑是有这一特征的，它"纯形式"地考察人的思维，撇开思维的内容，撇开思维的运动发展，因此形式逻辑是对人们的既成的凝固的、间断的认识成果进行抽象、概括和加工。波兰数学家、逻辑学家塔尔斯基(Alfred Tarski,1902-)对此曾作出较好的分析："每一门科学中所需要应用的常项，可以分为两种。第一种常项，就是某门科学中所特有的语词。例如，算术中指示个别的数、数的类、数与数间的关系或数的运算等等的那些语词，都是属于第一种常项。……另一方面，还有一些在绝大多数的算术语句中都出现的，具有非常普遍的性质的语词，这些语词我们无论在日常语言中以及在一切科学领域中都会遇到它们，它们是传达人类思想与在任何领域中进行推论所不可缺少的工具，例如'不'，'与'，'或'，'是'，'每一'，'有些'……；这些语词都属于第二种常项。于是，就有一门被认为是各门科学的基础的学问，即是逻辑。逻辑这门学问是要建立第二种语词的确切意义，与关于这些语词的最普遍的定律。"①这就是说，形式逻辑撇开第一种常项（各门科学特有的术语），它不考察思维的具体内容，仅仅是研究第二种常项（各门科学所通用的逻辑常项），即对既成的认识成果，作出"纯形式"的概括。

但是康德对形式逻辑的批判与改造的结果是把逻辑学完全变成形式主义的逻辑。他再三强调逻辑的普遍性、纯粹性和形式性。他认为逻辑学的任务就在于研究思维的形式及其间的关系。康德认为“物自身”是不可知的，无法认识的，因而无法研究思维与“物自身”的关系。人类能够认识的只是事物的现象，因此逻辑学既不是认识事物本质的工具，它也完全可以脱离实际、脱离思维的具体内容。康德的先验逻辑的任务是要确立一些与十二种判断相对应十二个范畴，证明这些范畴是正当的，以及弄清楚对给定的感知内容归属在某一个范畴之下要什么条件。

黑格尔对康德以及整个传统逻辑进行了批判和提出了自己的独特的辩证逻辑学说，初步完成了对形式逻辑成果的辩证理解和运用。

“对思维形式、逻辑范畴的研究，是有益的和必要的，而且从亚里士多德以来，只有黑格尔才系统地做到了这一点。”②黑格尔认为辩证法的任务不是去构造某些新的思维形式，而是从另外一种角度去研究思维形式，从而使我们有可能全面地考察现有的各种思维形式及其在认识中的地位。黑格尔的逻辑学就是从批判形式逻辑入手，对形式逻辑的成果按辩证法的要求加以改造，从而初步建立了辩证逻辑。黑格尔严格地批判康德的形式主义逻辑和传统逻辑中的形而上学的思想方法，指出了形式逻辑的几个基本规律和三段论推理格式的缺陷。③黑格尔未能把形式辑辑和形式主义逻辑分开，这是他的缺点，但是他也不是全盘否定形式逻辑，而是以形式逻辑为基础发展到辩证逻辑。“辩证逻辑不是简单地抛弃形式逻辑，而是形式逻辑的扬弃。（一）辩证逻辑扬起形式逻辑的空洞名词而探索概念的两极对立与转化；（二）辩证逻辑扬弃形式逻辑的僵硬的程式而研究过程的推移；（三）辩证逻辑扬弃形式逻辑的孤立平行的格律而将它们看成是相互联系迴旋上升的前进运动。因此，个别→特殊→普遍，演绎→归纳→类比，分

析→综合→实践，形成了思维过程上升发展的阶梯。于是材料流动了，生动的概念燃烧了，辩证逻辑的科学结构萌发了。"④

辩证逻辑与形式逻辑不同，它是从认识发展的深化过程研究思维的形式。因此，它不能只限于考察既成的、凝固的、间断的认识成果，必须对整个认识的历史进程给予概括和总结。还要注意到，对认识史的概括和总结意味着排除历史发展中的偶然现象而揭示出内在的必然性。对认识史的自然主义描述并不就是辩证逻辑的学说，辩证逻辑的理论内容只能对认识史进行加工(整理、琢磨、概括、总结)的产物。列宁说："要继承黑格尔和马克思的事业，就应当辩证地研究人类思想、科学和技术的历史。"⑤但是像黑格尔那样将形式逻辑的成果进行辩证改造是建立辩证逻辑体系所不可缺少的第一步。

三、概念的辩证运用及其科学方法论意义

辩证逻辑的主要内容就是研究概念的矛盾运动和转化。概念是反映思维对象的固有属性的一种思维形式。形式逻辑对概念作过详细的研究，并获得相当的成果，特别是关于概念的外延部分。可以说外延的逻辑是形式逻辑关于概念理论和判断理论中研究得最透彻的部分。但是形式逻辑研究的是既成的概念、孤立的概念、概念的个体，这样就会把概念看成是固定不变的逻辑范畴，特别是形式逻辑中常举一些简单的事例来作典型，如以"等角、四边相等，对角线互相平分和垂直"作为"正四方形"的内函，就更易使人形成概念的内函是永远不变的这种印象。事实上概念是随着人类认识的发展，科学的发展而发展的。

概念是科学认识的支掌点，科学是概念的体系，任何一门科学都有它自己的一系列基本概念，通过它们来描述和反映研究对象的本质并揭示其规律。如果把科学比作一个网，概念就是网上

的纽结；不形成概念，就说不上科学认识。

任何科学理论都是一个具有一定逻辑结构的知识体系，而概念是科学知识的细胞。每个科学都有一些基本概念和由基本概念构成的命题，这些基本概念不仅是这门科学体系的细胞，而且也是它的出发点和基础，它们揭示学科理论内容中最本质最一般的东西，又能统一本学科理论的逻辑体系的一切要素。这些基本的概念和命题之所以冠以“基本”这词是因为它们在逻辑上是不能再简约的，爱因斯坦称它们为“不下定义的概念”和“导不出的命题”。“点”、“线”、“面”就是欧几里得几何学的基本概念。绝对时空、质点及其惯性是牛顿力学的基本概念。后来由于电磁学的发展，又引入与质点相对立的另一基本概念电磁场，建立了描写电磁场运动规律的麦克斯韦方程组，揭示了电磁现象的本质。以后由于人们观测到微观粒子具有波粒二象性，导致物质波概念的建立，引入了描写物质波状态的波函数，建立了波动方程，从而使人们掌握了微观世界的物质运动规律。这种既不同于粒子，又不同于场的物质波就是量子力学的基本概念。

基本概念既然是一门科学理论体系的出发点和细胞，它就决定着这门科学的稳固程度。一种新的科学理论的出现和科学中的革命也都从科学概念（基本概念）的变更开始。因此对概念这一思维形式的认识就不能停留在形式逻辑的阶段上。按照辩证逻辑的观点，概念不是稳固不变的，而是不断发展的。法拉第（Michael Faraday，1791-1867）、麦克斯韦(James Clerk Maxwell，1831-1879)的电磁理论的出现，就用“场”的概念代替了“质”的概念。爱因斯坦的相对论的出现，就用新的时空概念(与物质运动不可分及由物质分布状况决定几何性质的时空观）代替了牛顿的绝对时空观。这种发展过程是和人类的科学认识发展过程相一致的。因而也和人类思维的发展过程相一致的。人类的认识是一个“由现象到本质，由所谓初级的本质到二级的本质”，“从不

甚深刻的本质到更深刻的本质的深化的无限过程”⑥。最初的科学认识是人们从日常生活经验中总结出来的原始概念，以后再逐级上升。每上升一级，一方面是离开具体实际更远；一方面是对事物的认识更深刻。低层次的基本概念都能从较高层次的基本概念推出，从而失去其“基本”的意义。而每一层次的基本概念的内涵和外延，就反映了这基本概念的适用范围，而就层次的发展来讲，层次越高，概念的内涵越是深化，外延越是扩张。

按照形式逻辑的规定，概念的外延越宽，则它的内涵越贫乏；反过来，概念外延越小，则它的内涵越丰富。这种规定在问题可以归结为区分单一、特殊和一般的情况下是适用的、对的。但就是在这种狭隘的范围内，也是对分类才有意义。这种规定没有普遍的效力。如果有的话，人类思维就只能在内涵丰富而外延狭窄的概念和外延宽广而内涵贫乏的概念之间进行选择。这种情况虽然与形式逻辑的要求相符，但与要求把概念的丰富内涵和较广宽的外延结合起来的辩证思维的要求不符合。

形式逻辑关于内涵和外延的关系的论述，只在一定的范围内有效，如在数学中，如果仅仅孤立地考察概念中个体的共同属性时是有效的。例如，有理数、整数、自然数，这些概念从外延来说是逐次缩小的，而从内涵（即个体的共同属性）来说，则是逐次增多的。但是当我们从更高的角度来看问题时，例如研究数集时，情况就完全不一样了。一方面由有理数集扩展到实数集失去了可数性，由实数集扩展到复数集失去了有序性；但是另一方面，由整数集扩展到有理数集增添了稠密性，由有理数集扩展到实数集增添了连续性。再从运算的角度来看，由自然数集扩展到整数集增添了减法运算的封闭性，由整数集扩展到有理数集又增添了除法运算的封闭性，由有理数集扩展到实数集又增添了算数开方的封闭性。由实数集扩展到复数集，又增添了算数开方的封闭性。所以在概念是指向越来越深入地反映现实，反映现象

的本质时，这种形式逻辑关于概念的内涵和外延成逆变关系的规定就不适用了。因为在认识发展过程中出现的更一般的概念反映更大量现象的本质，它的内涵实际上是更丰富的。例如欧氏几何发展到非欧几何，经典力学发展到量子力学，绝对时空观发展到相对论时空观时，后者的概念的内涵要比前者丰富得多。形式逻辑把概念的内涵理解为能说明该对象的特点的那些属性的总和，因此较为一般的概念比起不甚一般的概念来，它的特点是其中所反映的属性的数量较少。辩证逻辑把概念的内涵理解为是通过概念来反映和加以把握的事物和一切思维对象的本质的、合乎规律的联系和关系，就是说概念的内涵并不依存于属性的数量，而是依赖于深入客观世界的本质、规律性的程度。既然客观世界的本质、规律性是通过概括、抽象来认识的，那么，循着概括客观世界的现象的道路而前进的认识的上升的发展，决不是使概念的内涵更贫乏了，而是相反，使它更丰富了。

辩证逻辑所以把概念的内涵看作不依赖于一定数量的属性的总和，是因为辩证逻辑不像形式逻辑那样以固定范畴为基础，而是以流动范畴为基础，它着重于区别固有属性和本质属性，以及更为深刻一级的本质属性。辩证逻辑对概念的研究是着重于概念的产生、运动和发展，研究系统的概念而不研究孤立的概念，研究概念的系统而不研究概念的个体。

把形式逻辑成果辩证运用的第一步就是建立流动性原则。列宁说："概念不是不动的，而就其本身，就其本性来讲＝转化"。他在摘录黑格尔的观点时又写道："……人的概念并不是不动的，而是永恒运动的，相互转化的，往返流动的；否则，它们就不能反映活生生的生活，对概念的分析、研究，'运用概念的艺术'（恩格斯），始终要求研究概念的运动、它们的联系、它们的相互转化"。⑦也就是说概念之所以是流动的是因为客观事物是运动发展的，人类的思维本身也是运动发展的，辩证逻辑从流动的角度从

运动与静止的对立统一的观点来研究概念是有其客观基础的。

认识的主要问题是从不断的运动、发展、变化方面来认识客观世界。就辩证逻辑来讲就要考虑概念怎样才能表现客观现实的运动和变化，怎样才能把握客观现实的无穷过渡和转化。客观事物一方面是稳定的、固定的，另一方面，它们同时又是变动的、发展的，无时不处于从一种状态转化为另一种状态的过程中。因此，辩证逻辑的概念就要表现和反映事物的稳定性和变易性，固定性和向某物的转化性的矛盾统一。

概念的运动发展包含有两方面的意思，一方面指概念和其他思维形式之间是互相联系、互相转化的。黑格尔正确地提出一切思维形式彼此互为前提，在发展过程中由一种思维形式转化为另一种思维形式。而且在一个推理过程中，概念、判断、推理彼此又是按一般、特殊、单一这三种要素以不同的结构形式既相联系，又相区别。在概念中，这三个要素尚未分解，在判断中它们就被分解开了，单一的和一般的东西被分解成主项和谓项；到了推理又恢复了原状，而且论证了这三种要素的统一。另一方面是指概念本身的运动发展。人类的认识，自感觉开始经知觉到达表象，在表象和概念之间（即感性认识与理性认识之间）有一个转化过程，表象与概念之间的对立是相对的，而不是绝对的。在表象与概念之间又可划分为直观的表象、某种程度上包含着概念要素的普遍的表象两个过渡阶段。到达概念阶段以后，又继续随认识的发展而从内涵和外延两方面同时运动发展。

形式逻辑不仅考虑概念内涵的发展，但在辩证逻辑就要探讨，并着重探讨概念内涵的变化和发展。与事物的发展具有量变、质变两种形式相适应，概念内涵的发展也有量变和质变两种形式。

概念的内涵是固定于概念这一思维形式中的思想内容，它是科学知识的结晶，是科学认识成果的总结。因此概念内涵发展过

程的量的变化，就表现为关于对象的识识、知识的点滴增加或进一步精确化。例如关于质量不灭定律的叙述在拉瓦锡（Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794）那里要比在罗蒙诺索夫（Михаил Васильевич Ломоносов, 1711-1785）那里包含着更多、更精确的知识。

随着人类认识的发展从揭示事物的低一级本质进到揭示高一级本质的深化过程，概念的内涵就发生质的变化。例如在古典力学中，"质量"这个概念内涵表示为一个物体的量，它和重量不同，自身恒等不变，既不受物体与地心的距离的影响，也不受物体运动速度的影响，而在近代物理学中，质量这个概念的内涵已发生了质的变化，它表示惯性（和引力）的度量。物体的质量不是不变的，也不是与物体的速度无关的。

形式逻辑要求一个概念必须具有确定的逻辑类为外延，而辩证逻辑则要求考察概念外延的变化发展。概念外延的变化发展与概念内涵的变化发展相适应也有量变与质变两种形式。形式逻辑也考察外延的数量，但不考察外延数量的历史的发展，它撇开具体的变化发展，把概念外延看作是一个抽象的逻辑类。如人这个概念的外延，在形式逻辑是指抽象的人类，不仅不分民族、种族，和男女老少，而且也不管它们的生死存亡，而辩证逻辑则要求考虑人在数量上的现实的变化和发展。概念外延的质的变化是概念的外延（逻辑类）的逻辑构成发生变革，当然这种变革是根源于客观事物发展的质变引起的概念内涵发生的质变。例如毛泽东同志在《关于正确处理人民内部矛盾》一文中关于"人民"这个概念的外延的历史发展的分析，就告诉我们外延的逻辑构成，是随着现实历史的发展而发生变革的，它也是客观事物发展的必然结果。

随着认识的深化，概念发展一般经历三个阶段，即普通概念、科学概念和辩证概念。所谓普通概念即指与其他对象区别开来的特有属性，科学概念是反映对象本质属性的概念。科学概念

虽然已进入反映对象本质属性的阶段，但不一定就是辩证概念，如光的微粒说和波动说都是关于光的概念，而且是科学概念，但还不是辩证概念。只有当认识进一步深化，认识了对象的内在矛盾性，建立光的波粒二象性的概念时，才是辩证概念。当然在一个层次的认识上达到辩证概念的阶段后，又要向下一层次深入下去，而概念的发展又要再经历一遍三个阶段的发展，并继续不断地进行下去。

辩证逻辑使概念运动发展起来，成为辩证思维阶段的概念，不仅是开始建立辩证逻辑的理论，而且具有重要的科学方法论意义。在科学研究中，一个崭新的概念的产生，不仅开辟了新的富有强大生命力的研究领域，而且同时也提出新的研究方法的思路。例如维纳建立控制论(Cybernetics)的概念，Cybernetics 这字在希腊文原文为操舵术的意思，后转用来表示管理人的艺术；控制论是信息方法、反馈方法、系统方法、功能模拟方法等多种科学方法的综合运用。它对各门科学的研究工作都渗透进去和产生一定的影响，真的在一定程度上起舵手的作用。控制论这个概念不仅建立起一门新的边缘科学，而且提供了一种新方法论思想。维纳在建立控制论以前，早就有信息这个概念了。但维纳把这个概念当作处理动物和自动化机器系统的基础。他完全撇开对象的具体运动形态，把人机系统都看作是借助于信息的变换和处理而出现的一种有目的的活动，从而把信息概念提高到一般研究方法的高度。同时维纳把反馈、系统等概念也作了同样的处理和提高，终于创建了控制论和和控制论方法的思想。著名德国物理学家海森堡(Werner Heisenberg,1901-　)也认为科学发展的突破关键在于抛弃旧概念，发展引进新的基本概念。

在建立辩证逻辑理论时对形式逻辑概念的辩证运用，除了使概念流动起来，探讨概念的运动发展以外，还有另外一个重要方面，就是将形式逻辑的抽象概念发展成辩证逻辑的具体概念

（思维的具体、理性的具体）。辩证逻辑既肯定概念的抽象性，又肯定概念的具体性（规定的多样性和规定的统一性）。列宁在《黑格尔“逻辑学”一书摘要》的笔记中针对黑格尔的这样一段话：“我们的活动是或者只停留在概念的否定的和抽象的形式上，或者依据概念的真实本性把概念理解为既肯定又具体的东西。例如：如果我们把自由这个概念看做必然性的抽象的对立面，那末这只是理智的自由概念而已；而真实的和理性的自由概念，其内部包含着被扬弃了的必然性。”标出了“抽象的概念和具体的概念”⑧这样的概括性结论。列宁的概括与马克思在《〈政治经济学批判〉导言》中论述“政治经济学的方法”时所说的人类认识的道路有两条的意思是完全一致的。马克思认为认识的道路有两条：一、由表象蒸发为抽象；二、由抽象的规定在思维的行程中导致具体的再现。⑨就是说认识从具体事物开始，经历感觉、知觉、表象，再由表象蒸发为抽象的规定，形成概念，这是概念发展的第一阶段。当人们的认识有了一些抽象的概念之后，于是行程又从那里回过头来，升华为具有许多规定和关系的丰富的具体。在理性认识阶段，悟性阶段的概念是抽象概念，理性阶段的概念是具体概念。因此抽象概念主要是形式逻辑所研究，而具体概念、由抽象上升为具体的逻辑思维过程是辩证逻辑的研究对象。任何概念，作为思维形式，都是一种抽象，是思维对感性认识改造提练的结果。但这种改造、提练有个逐级上升的发展过程。因而有深浅程度之分，有抽象程度高低之分，客观上必然显现出阶段性来。

在初级阶段，抽象只是通过比较、分类、类比概括出对象所具有的一般属性。这种抽象概念是建立在“自我同一”的基础上的，具有抽象和同一性。它体现着思维的确定性、抽象性和单一性。就其内容来讲是比较贫乏和片断的，是事物相对静止及某个方面特性的反映，是形式逻辑阶段的概念。但人们的认识还

要进一步发展。在取得形式逻辑的抽象概念的基础上，人们进一步对客观事物各方面的认识进行综合，在“对立统一”的基础上，统一认识对的多方面的规定性，这种抽象体现了确定性与灵活性、单一性与系统性的对立统一，就其内容来讲是更为全面、更为深刻的抽象，是反映事物的运动、发展、转化的更高阶段的抽象，是理性思维的高级抽象，是通过思维达到的具体抽象，形成辩证逻辑的概念。

从形式逻辑的抽象概念通过扬弃发展到辩证逻辑的反映多方面规定性的统一的具体概念，在科学研究中同样具有重要的方法论意义。近代自然科学中蓬勃兴起的众多边缘科学的基本概念，都不是简单的抽象概念，而是不同学科的基本概念的移植，使概念的内涵深化、外延扩张，也就是进一步综合多种规定性而构成更高层次的具体概念。例如维纳就是把生物学的“目的”、“行为”、“稳态”等概念引进技术系统的，把技术系统的“信息”“反馈”等概念引入生物系统从而建立“控制论”这个更高层次的具体概念。

又如爱因斯坦提倡的“思维的自由创造”、“思想实验”等方法，如果加以科学的总结，它也是辩证逻辑的具体概念在科学方法上的运用。一切实验都以理论为指导，但并非一切实验都需要有一个实验室；有些实验可以仅仅在思想中进行。事实上，每一个科学研究工作者都要在一定程度上做思想实验，因为他们在进行具体的实验或其他实践以前，在脑子里已经有了详细的操作程序，他们必然是“三思而后行”的。虽然思想实验在科学史上早就有人做过，但首先从方法论加以总结和强调的是奥地利物理学家恩斯特·马赫。马赫说：“除了实际的物理实验之外，还有另外一种广泛进行而且智力水平更高的实验，即思想实验。”“思想实验常常先于物理实验并为实验开辟道路。”马赫以伽里略对亚里士多德的力学的批判以及卡诺已接近于发现热力学第二定

律、卡诺循环等科学事例来证明思想实验的作用。“热功当量的存在是由R. 迈耶和焦尔通过想思过程揭示出来的。焦尔必须用实验来测定数值，而迈耶可以说甚至连这些数值也是借助于记忆中其他的数值推演出来的。”“思想实验的结果可能是如此明白确定，以至于在进行思想实验的人看来，似乎没有必要借助于物理实验去做任何进一步的检验，无论这是正确的还是错误的。”⑩马赫认为物理实验只是思想实验的继续，人们通过思想实验，提出推测是为物理实验提供形式的唯一方法。这个方法论的总结是符合辩证逻辑关于概念的具体性，达到思维中的具体的要求的。马赫自己也正是遵循这一逻辑方法对牛顿的绝对时空观进行了批判，为爱因斯坦的相对论的发现开拓了道路。

四、判断的辩证运用及其科学方法论意义

形式逻辑一般把“判断”定义为断定事物情况（是或否）的思维形式，严格地说这样的定义不很确切，应该说判断是反映思维对象之间联系情况的思维形式。在思维过程中，由于它反映的现实生活的复杂性，使概念不可能孤立地存在，而是许多概念彼此联系在一起的，也因此它才能反映现实的联系。判断作为概念的联系是现实中存在的联系的反映，是反映对象之间的联系的特殊思维形式。

形式逻辑仔细研究了各种判断形式。自康德以来，判断按不同的标准可划分为十一种：按照判断主词的外延（量）划分成单一（单称）的、特殊(特称)的和普遍（全称）的；按判断的质划分为肯定（积极）的和否定（消极）的；按判断的关系划分为直言、选言和假言；按判断的模态划分为或然（可能）、实然（现实）的和必然的。形式逻辑虽然研究了判断的各种形式，但不研究它们之间的关系，不研究不同的判断形式产生的条件和必然与

偶然的关系。黑格尔开始研究这些关系、条件，对判断这种思维形式作辩证的理解和运用。黑格尔在他的逻辑学中几乎完全用全称、特称和单称的相互关系来广泛论述判断问题。黑格尔的功绩就在于他指出了主词和谓词的同一性的各种具体形式，以及一般、特殊、个别的关系的不断变化。在黑格尔看来普遍概念所具有的性质恰恰不是抽象的而是具体的，既然普遍有着具体性，那么它就需要有其特殊性，实际上普遍概念区别其自身，从而也就规定其自身。可见普遍概念由于其规定性而变为特殊概念，成为一定的种或属。个别也是普遍，属也是种；属的产生应该一直继续到不再有新的属差的时刻为止，属差的完成导致个体化，个体的孤立概念也就是单一概念。这种概念判断的普遍特殊单一的辩证关系就是人类认识过程中思维活动的抽象。形式逻辑做不到，而辩证逻辑强调的，恰恰就是这些判断形式是人类进行认识的思维运动中前后相继的环节。人的思维在发展过程中形成各种判断；从幼稚的判断形成较高级的判断，从较高级的判断形成更高的科学判断，以至辩证判断。并以这种次序往复向上发展、提高。

黑格尔在逻辑史上第一次不满足于把判断和推理的各种形式简单地列举出来，而是按联系、发展的观点将它们加以分类。黑格尔指出形式逻辑关于判断学说有两个根本缺点：一是把判断看作是各个部分的结合，但是可以结合的东西，可以思考为没有这些联系也能存在的东西。实际上，判断运用的联系完全具有对象性的意义，即是对象本身固有的联系。如我们说："这朵玫瑰花是红的"或"这幅画是美的"，并不意味着我们把红加给了玫瑰，把美加给了画。这些规定是对象本身所固有的。二是判断被认为是某种偶然的东西，但是判断是概念的自我变异的体现者，是概念本身包含的变易经过一个发展过程转化而成的。一如植物种子发展成根、枝、叶等部分一样。黑格尔认为判断与概念的关系就如同种子这类原初存在物的自我发展成植物一样。黑格尔批评了

形式逻辑。他指出形式逻辑不把判断看作是具体概念的陈述和发挥，而看作是概念的联结。黑格尔把概念和判断看作是有内在联系的，从概念到判断是发展的必然过程。正是与内容相联系，黑格尔把判断这种思维形式看作是思维内容的矛盾发展和“自我分化”的过程，从而把判断按其在认识中的地位的从低到高分为三种：一、质的判断；二、反省判断和必然判断；三、概念的判断。例如这样一些判断：玫瑰花是红的，玫瑰花是有用的，玫瑰花是植物和玫瑰花是美的，在形式逻辑看来都是同样具有“主词——谓词”这样结构的逻辑形式，没有什么区别。但在黑格尔的逻辑（辩证逻辑）看来，这四个判断是大不相同的，它实际上是依照从抽象、肤浅到具体、深刻的过程而排成一个由低级到高级的必然进展的判断系列。“玫瑰花是红的”是最低级的判断（质的判断），只陈述了通过感觉、知觉得到的对象的直接性质。但这种低级判断已经包含肯定判断、否定判断和无限判断的统一。说玫瑰花是红的，这是一个肯定判断，是“单一——普遍”（“$E=B$”）：但是除了玫瑰花以外，往往还有别的东西是红的，为了不致混淆，就要排除一系列的宾词，这就要同时运用否定判断，而且还要是排除一切不是“E”的东西，这就要用无限判断，即$E=-B$。所以一个肯定判断在辩证逻辑看来，实际上同时包含着否定判断和无限判断。“玫瑰花是有用的”这种判断，黑格尔称之为反省判断，这种判断进了一步，是在对象和其他东西的关系中来考察它。在反省判断中，宾词不再是主词的属性，而是种或属，它把主词隶属于自己，包含了单称判断、特称判断和全称判断的关系，达到一般和普遍，完成了判断这个阶段。“玫瑰花是植物”是必然判断，这种判断又进了一步，较有客观性和必然性，它更深刻、更具体地陈述主词的内容与特性。黑格尔对必然判断还举了另一个例子、他说：“如果有人把类似‘黄金是昂贵的’，‘黄金是金属’这两种判断，认为是平列于同一阶段，那就表明他缺乏逻辑

训练。'黄金是昂贵的'，只涉及黄金与我们的嗜好和需要的外在关系，并涉及黄金的费用以及其他情形，即使这些关系改变了或取消了，黄金之为黄金不受什么影响，反之，金属性却构成黄金的实体本性，没有了金属性，则黄金以及一切属于黄金的特质，或一切可以描写黄金的词句将无法自存。"⑪黑格尔认为必然判断还未能最深刻地表述出主词的内容，他认为最能深刻地表述出主词的内容的是概念的判断。"玫瑰花是美的"就是这种判断。"真"、"善"、"美"能表明对象是否符合它的本性和符合到什么程度。说"玫瑰花是美的"，就是表明玫瑰长得符合于玫瑰的概念。这在认识中是价值最高的判断，是最高级的判断。

恩格斯在《自然辩证法》的"辩证逻辑和认识论"的扎记中，充分肯定了黑格尔对形式逻辑关于判断的学说，和对形式逻辑的判断学说按辩证法加以改造的功绩。恩格斯并且进一步总结了辩证逻辑关于判断的学说。恩格斯根据科学的发展史，把判断分为三种：单一判断、特殊判断和普遍判断。

科学发展史提供出极其丰富的材料，证明辩证逻辑中判断分类的正确性，证明科学认识是从单一推移到特殊和普遍的。例如在19世纪末，发现了铀的放射性，证明了它可以转化为其它元素。于是就得出了一个单一判断："铀可以转化为其他元素"。认识继续地发展着，后来发现钍和其他放射性元素也有这样的可转化性。于是就得出特殊判断："有些化学元素在一定条件下可以转化为其他元素。"这在认识的运动中无疑是一个进步。以后又进一步了解到"任何元素在一定的条件下都可以转化为另一种元素。"这是在认识过程中又进了一步，完成了由特殊判断到普遍判断的过渡。按照辩证逻辑的观点来处理判断的分类和关系，就得扬弃形式逻辑将各种判断形式并列起来的观点。恩格斯说："辩证逻辑和旧的纯粹的形式逻辑相反，不像后者满足于把各种思维运动形式，即各种不同的判断和推理的形式列举出来和毫无

关联地排列起来。相反地，辩证逻辑由此及彼地推出这些形式，不把它们互相平列起来，而使它们互相隶属，从低级形式发展出高级形式。”⑫这就是说，形式逻辑的研究结果只是列举各种判断和推理的形式，把它们当作毫无内在发展关系的东西给予排列。而辩证逻辑的研究结果是揭示各种判断形式和推理形式之间的辩证关系，把握它们的发展和转化。

为什么形式逻辑只并列出各种判断和推理的形式呢？这是它的研究方式所放定的。形式逻辑考察判断和推理形式时，基本上是撇开思维的内容，抽象地把握各种判断和推理的“纯形式”的特征。因此，从形式逻辑的眼光看来，下列的判断是不同种类的判断：

“哈雷慧星是沿椭圆轨道运行的”（某个S是P）

“有的慧星是沿椭圆轨道运行的。”（有的S是P）

“所有慧星都是沿椭圆轨道运行的。”（所有S是P）

然而，下列的判断是同一种判断：

“凡是摩擦都会生热。”（所有S都是P）

“一切机械运动都是能够转化为热的。”（所有S都是P）

“任何一种运动形态都是能够转变为其他种运动形态的。”（所有S都是P）

由此可见，形式逻辑的研究方式是抽象地、纯形式地描述人的思维。与此相反，辩证逻辑不是离开认识的客观内容来考察判断和推理的形式，而是从认识的深化运动，从反映客观真理的程度如何着眼，研究各种判断形式和推理形式的地位和价值。因此辩证逻辑是认识的理论。从辩证逻辑的眼光看来，下列的判断并不是同一种判断，而是不同性质的判断：

“凡是摩擦都会生热。”（个别性的判断）

“一切机械运动形态都是能够转化为热的。”（特殊性的判断）

“任何一种运动形态都是能够转变为其他运动形态的。”（普

遍性的判断）

恩格斯说："我们可以把第一个判断看作个别性的判断：摩擦生热这个单独的事实被记录下来了。第二个判断可以看作特殊性的判断：一个特殊的运动形式（机械运动形式）展示出特殊情况下（经过摩擦）转变为另一个特殊的运动形式（热）的性质。第三个判断是普遍性的判断：任何运动形式都证明自己能够而且不得不转变为其他任何运动形式。到了这种形式，规律便获得了自己的最后表达。……在普遍性方面——其中形式和内容都同样普遍——这个规律是不可能扩大了：它是绝对的自然规律。"⑬由此可见，辩证逻辑的研究方式是从认识深化运动的各个层次上及不同的广度或深度上，把握反映客观"具体内容"的形式。所以列宁认为辩证逻辑"即关于世界的全部具体内容及对它的认识发展规律的学说"⑭。

人类认识的深化过程是人类认识不断由个别到普遍、由现象到本质的发展过程。这一个过程在逻辑上就表现为概念、判断的发展和推移。从单一判断到特殊判断到普遍判断的过渡的辩证性质，反映着辩证的认识过程。普遍判断以逻辑形式表现着被反映的事物、现象的规律性，普遍判断是表现科学中所发现的规律的逻辑手段。

辩证逻辑把判断这种思维形式看作是一连串互相联系而又有质的不同的前后相继、上升发展的思维形式，对科学研究工作具有重要的方法论意义。

辩证逻辑关于判断的分类告诉我们两点：一、要看到它们之间的联系；二、要看到它们是一个由浅入深的上升运动过程。

我们在研究事物间的相互关系时，当然要注意到它们的界限，但必须注意这些界限正是因为它们有联系才能存在，黑格尔正确地指出："既然这个一是界限，它把分立的量的多个的一都统括于自身之内，那么，界限就是建立了多个的一而又在界限的

一中扬弃了它们……这个界限是在连续的大小和分立的大小两者的连续性那里的界限，两者都是在这种连续性中过渡为定量。”⑮近代工业的发展造成的环境污染、有些国家片面强调某种农作物（例如粮食）载培面积的扩大等造成的生态平衡的破坏，为人类带来了严重的恶果，从思想方法上究其原因，就是把一种判断（如获利是工业发展的首要目的、粮食最为重要等）从一系列判断（如生态系统中生物与生物、生物与非生物之间的一系列关系）中割裂开来，片面地绝对化地强调了它的作用。达尔文发现的生物界的食物链是必须保持生态平衡的很好的说明。达尔文观察到猫养多了，吃蜂蜜破坏蜂窝的田鼠就少了，因而为三叶草传授花粉的丸花蜂增多了，养羊的饲料——三叶草就可获得丰收。因此在猫、田鼠、丸花蜂、三叶草、羊之间就形成了一根相互联接的链条，达尔文称之为食物链。

这种互相联系的观点对我们学工程技术的同志尤其重要，因为我们在研究工作中易于忽视这个重要的逻辑方法，不仅经常只考虑技术上的要求，忽视经济、社会条件的必然影响，而且在科学技术范围内，也易于只看到自己的专业、甚至更为狭小的专门化的要求，忽视相互联系，忘记了科学技术的整体性一面。我们不说各个专业本身，单就整个工程技术来讲，工程技术的四个要素：材料、动力能源、工艺和控制之间就是相互依赖、相互制约和相互促进的。每一个要素都是具体生产活动中不可分割的组成部分，它们共同构成了工业生产和工程技术发展的有机整体。其中某一要素的发展实现了技术上的重大突破，都有力地推动着其他要素的发展。而它之所以能够实现技术上的重大突破，又依赖其他要素的相互作用。这种情况在近代科技发展史上是屡见不鲜的，从发明和应用蒸汽动力、电气动力到电子计算机技术、原子能工业和航天技术的发明、发现和应用的过程都显示了这一点。科学技术的继续向前发展，就必须考虑这些联系。例如内燃机，目

前它在动力机械中占90%，它所耗用的石油占石油消费总量的60%。但是内燃机自德国工程师奥托(Necolaus August Otto, 1833-1891)于1877车发明，到狄塞尔(Rudelph Diessel, 1851-1913)而定型，到本世纪初叶全部设计原理已趋完整。近五十年来内燃机的研究工作主要是精益求精，在某些部位，如增压、传动机构等方面作局部的改进和提高。要作重大的变革，就需要联系工程技术的四大要素（材料、能源、工艺、控制），如材料、燃料等方面来进行。近车来由于陶瓷材料的发展，已出现全陶瓷内燃机，这样就要求取消带走很大部分热能的冷却系统，要求出现"绝热"柴油机，从而内燃机技术就会出现新的突破和发展。

当然，我们讲联系，讲判断这种思维形式之间的联系，并非指任意两个事物、现象之间的联系，而是指思维反映事物发展过程中的内在联系，而且这种联系不是并列、同级的，而是由低向高上升发展的。

热力学是研究力的现象与热的现象之间的关系的科学。在热力学发展成一门学科以前，力学研究工作早已昌盛，但是力学研究者习惯于注意物体的运动，而忽视与运动同时发生的热的现象，以至于不免出差错，在研究空气中的自由落体（例如石子）时，由于质量没有变化，空气阻力的变化也是很小，因此研究运动而不涉及热的现象，大体上仍是准确的。可是在压缩一个密闭圆筒中的气体时，由于温度增加而弹性全变，这时探讨力学问题就必须研究热的现象产生的影响。"有一段历史可以为证。由实验精确测定声在空气中的传播速度，与由某种似乎可靠的理论计算（指通常用的声速计算公式$a=\sqrt{kgpv}=\sqrt{kgRT}$——引者）而得的相差竟达百分之二十之多，这个矛盾莫能解释，垂一世纪之久。等到后来有人指出，在这个'可靠'的理论中，不应该地忽略了空气在传声中，一伸一缩，其温度，因而其弹性，都有变化的缘故，这个问题才告解决。这样一来，几乎整部力学全是属于热力

学范围。过去热力学作为力学的附录，现在可说力学是热力学中最简单的一篇。”⑯

人类关于热的本质的认识过程，就是科学认识（判断）逐步从低级向高级发展的过程。在科学史上关于热的研究，从1603年伽利略首次设计出测温器就开始了。在长时期内“热质说”居于主导地位，与之相对立的“热之运动说”不受重视。直至迈耶和焦耳提出能量守恒和转化定律，并进行测量热功当量的实验，取得比较精确的数值，才建立起热力学第一定律。卡诺从热机的工作过程中总结出了热机的基本规律，他“差不多已经深挖到问题的底蕴”，可是由于他陷于“热质说”而未能探索出热功之间的转化关系，阻止了卡诺在科学上的进展。

19世纪50年代初，开尔文和克劳修斯(Rudolph Clausius, 1822-1888）从分析卡诺循环的著名理想实验入手，抛弃了热质说，各自独立地做出了热力学第二定律的不同描述。开尔文在1851年说，不可能从单一热源吸取热量，使之完全变为有用的功，而不引起其他变化。克劳修斯在1850年说，不可能把热量从低温物体传到高温物体而不产生其他影响。开尔文一开始就谨慎地把热力学第二定律限于非动物界，克劳修斯则在热力学第二定律中引入了状态函数“熵”这一重要概念。但是克劳修斯将孤立系统的熵单调增加的事实，错误地外推到宇宙，导致了宇宙的熵趋于极大值的结论。他把宇宙看作一个孤立系统，它的能量虽然在“量”上守恒，但在“质”上并不守恒，能量会逐步降级，高级的能会转变为低级的能。当宇宙中的所有能量都转化为热能之后，温度也趋于平衡，宇宙就“热寂”了，这就是克劳修斯的“热寂说”。

把热力学第二定律，外推到整个宇宙，导致“宇宙热寂”的佯谬，也是把一种科学认识（判断）孤立起来考察的结果，如果把各种判断看作从低级向高级发展的过程，就能得到较正确的解

释。

在克劳修斯以后，许多科学家着手解决“宇宙热寂”这个难题，而在解决问题的过程中，不断提出一些深刻的思想。如奥地利物理学家波尔兹曼(Ludwig Edward Boltzmann,1844-1906)提出把熵和信息（信息是负熵流）建立在统计概率的基础上，揭示了熵和几率之间的联系，就像力与热不可能分开一样。后来维纳在物理量中引进信息，事实上确实也很难举出不和信息联系的纯粹能量变化。J. C. 麦克斯韦提出对热力学第二定律进行限制的思想，1872年他在《热的理论》一书中提出可能存在一种小妖（后人称之为麦克斯韦妖），它是一种稳定和控制因素，它能将做过功的热能复原重用。这种设想代表着废能更新的非克劳修斯过程。如果这种过程存在，就如同除了动植物吸进氧气呼出二氧化碳这一过程外，还有植物在光合作用中摄取二氧化碳和产生氧的过程一样，可以构成自然循环。

引进信息概念就可以解释这种循环是存在的，宇宙热寂说是荒谬的。法国科学家布里原(L. Brillouin,1889-?)在其1956年出版的《科学与信息理论》(Science and Information Theory)中就提出把克劳修斯的热熵和美国应用数学家申农(C. Lawed E. Shannon, 1916-)的信息熵当作一个东西看待。他从麦克斯韦妖问题导出热熵与信息熵互为负值的关系，从而把热力学第二定律扩展为$\Delta S-\Delta I\geqslant 0$的形式。热能从高温转向低温就产生信息。物理系统的自发不可逆过程，也是因为不同过程留下了不同的痕迹，付出了依赖过程变化的信息量。世界上任何自发过程都是不能不留痕迹的，它不能自动复原正是因为它在外界残留下了信息，如果把全部信息都计入在内，就没有不依赖过程的状态函数了。这也就是为什么绝对零度（熵为零，信息量为无穷大）和无限高温（信息量为零，熵为无穷大）都是不可能达到的理想境界的原因。德国化学家能斯脱(Walter Hermann Nerst, 1864-1914)

把热力学原理应用到低温现象和化学反应的过程中，在1906年发现了热力学第三定律。1912年能斯脱又把这一定律表述为绝对零度不能达到的原理。因此，如果我们广义地来考虑热力学第二定律的外推，即把信息与熵同时考虑，那么整个宇宙间稳定膨胀着的熵增趋势，也从反面产生了宇宙运动发展着的时间信息，物质、运动、信息都是不灭的，不可能出现“宇宙热寂”这种状况。这种从信息量的变化来考察熵增问题，同比利时的普利高津关于耗散结构理论的学说也是一致的。普利高津研究偏离平衡状态的热力学问题，范围虽然只限制在熵、温度方面，但比贝塔朗菲提出系统论时的情况已有了进步。后来德国科学家哈肯进一步提出协同学(Synergetics)从自由度运系统的角度来考察问题，讲清楚了普利高津等比利时学派提出的问题，从理论上打下了坚实的微观基础；并且进一步指出并非只有开放系统才会走向有序，封闭系统热平衡状态有时也可以出现有序状态。这样就使科学家们从热力学第二定律的紧箍咒中解放出来了。

可见，人们的认识是从力学到热力学，从热力学第一定律、第二定律到第三定律，构成经典热力学的逻辑体系，即从熵到信息，从孤立的系统到系统论、大系统论、再到自由度巨系统。这种由浅入深，由低级向高级逐步深化发展的过程。辩证逻辑比形式逻辑进一步，不把各种判断(科学认识)看作平列的相互无关的，而是把它们看作认识不断深化的思维形式发展过程，它既是客观事物发展过程的规律性反映，又反过来作为逻辑思维方法指导人们开展科学研究，去认识世界、改造世界。

五、推理的辩证运用及其科学方法论意义

将形式逻辑关于推理的研究成果辩证地运用，也是首先由黑格尔进行，而后由恩格斯加以利用、改造而完成的。列宁认为黑

格尔有关推理的大量论述是“难解的”、“含混的”，列宁在黑格尔《逻辑学》一书摘要的笔记中，有关推理所做的摘录要比对该书其他部分的摘录为少，但是列宁也从中抽取出许多宝贵的思想。

黑格尔关于形式逻辑的推理学说的论述大部分都带有批判的性质。但是黑格尔低估了亚里士多德三段论理论中的许多论点的价值，把婴儿和葬水一起泼掉了。黑格尔自己也没有系统地、详细地制定推理理论，而只是提出了一些有关推理的想法，但是这些思想很深刻，如认为推理不仅是主观的思维形式，而且是现实的反映、在对推理的分析中，也象对判断的分析一样，黑格尔试图超出形式逻辑的带有记述性质的静态分类的范围，而企图用推理的例子来表明思维的发展过程。黑格尔从单一、E(Einzelnheit)、特殊、B(Besonderheit)，普遍、A(Allgemeinheit)的角度论述了推理的思维发展过程。这个过程首先是定在的推论(Schlusse des Daseins)或质的推论(Qualitativer Schluss)，是$E-B-A$。如“这玫瑰花是红的，红是一种颜色，故玫瑰花是有颜色的。”在这种推理中“个体性同时可以被规定为普遍性”，因此它的中项便必然是发展中的一个推理环节——反思的推论。其次是反思的推论(Reflexions Shluss)，是$B-E-A$，以个体、已经全部认识到的个体性为中项。这种推论活动包括归纳推理和类比推理。例如“金是金属，银是金属，同样铜、铅等等皆是金属……所有这些物体皆传电。”由此得出一条结论：“所有金属皆传电”。“直到现在为止，我们所发现的星球皆遵循运动的规律而运动。因此一个新发现的星球或者也将遵循同样的规律运动。”这种推理并不一定可靠，它还要进一初发展到以普遍性为中项的必然性推理。最后是必然的推论(Schluss der Notwendigkeit)，是$B-A-E$。“在概念的这种实现的过程里，共体就是一个返回到自己的全体，这全体中有差别的各环节仍然同样是这一全体，并且

这全体通过扬弃中介性被规定为直连的统一性——概念的实现就是客体。"⑰列宁又强调了"'现实化了的概念'是客体。"⑱这种推理能确定一般的规律性。黑格尔这种对推理的分类和发展的论述，是辩证的、所以是辩证逻辑。"类比推理(关于类比的推理)向关于必然性的推理的转化，——归纳推理向类比推理的转化，——从一般到个别的推理向从个别到一般的推理的转化。——关于联系和转化（联系也就是转化）的阐述，这就是黑格尔的任务。"⑲

黑格尔的这些思想，后来被马克思列宁主义的经典作家恩格斯（在《反杜林论》、《自然辩证法》等著作中）、列宁(在《哲学笔记》等著作中）、毛泽东（在《中国革命战争的战略》等著作中）等吸收和改造成辩证逻辑的推理论。

推理是事物间更复杂的联系和关系的表现形式。推理是单一、特殊和普遍之间的中介关系，在形式逻辑中，就是从概念中的一般和单一不可分割的统一，到二者在判断中的分解和在推理过程中通过中介又在新的、更高的形式中恢复它们的统一。推理，无论在形式逻辑还是辩证逻辑中，都是探寻新结果，由已知到未知的思维形式。但是辩证逻辑比形式逻辑更进一步，辩证逻辑是在对事物进行历史的和现实的规律的分析以及对事物的具体矛盾的多方面的分析的基础上进行的推理；它可以是探索事物发展方向的预见性推理，也可以是对事物产生过程的历史回顾的回溯性推理。辩证逻辑要研究这些推理的特点、原则和功能。

将形式逻辑对推理这种思维形式的研究成果辩证地理解和运用，就使推理这种思维形式的研究起了质的变化。第一，形式逻辑主要研究推理的结构和形式，它只限于从形式的正确性探讨推理的模式。而进入辩证逻辑阶段，视野就要开阔得多，因为它强调的是思维形式如何能够最确切地反映客观对象的内容。第二，辩证逻辑并不否认人类以往的全部思维发展所制定的和形式逻辑

所概括的推理形式（归纳、演绎等推理形式）在认识过程中的重大作用。但是形式逻辑的推理格式由于前提是静止的现成的东西而不是具体的、历史地发展着的东西，因而是不符合认识的要求的。辩证逻辑则要求历史地、发展地研究现象的矛盾及其发展趋向，考虑现象的质的特征等等。第三，形式逻辑只是孤立地研究各种推理，并把各种不同形式的推理并列起来；辩证逻辑要进一步研究各种推理的联系、转化和过渡，要通过逻辑来表明认识发展的辩证过程。因此辩证逻辑的推理过程要比形式逻辑的推理过程复杂得多。第四，在辩证逻辑中，推理结构的正确性的标准中除了形式逻辑的标准以外，还有进一初的新的要求，例如：是否估计到现象的变化，从而也就是，是否考虑到思维所运用的概念和判断的相对性，是否遵守具体分析事实的原则，是否把所研究的现象放在一定的历史范围里加以探讨等等。只有推理是根据这些标准建立起来的时候，它才是真的。

总之，辩证逻辑的推理论所主张的是：从事物本身的发展变化、矛盾转化的实际情况出发，根据具体事物的具体矛盾作具体的分析，从而推出其所以形成或发展趋向的规律性知识。它建立在流动的概念、流动的思想基础上，将思维活动的重点放在从现实的发展中探求其已往的形式过程或未来的发展动向，从表达对象变化的前提中推出结论。它是直接研究事实的，因此其结论是严格地按照历史发展的客观逻辑必然性建立起来的。正因为这样，辩证逻辑所推出的知识，对于人的认识和实践才有着方法论的作用和意义。

辩证逻辑的推理供给人们新知识的功能是很广阔的，如关于一般与个别的矛盾转化的推出，关于透过现象揭示本质的推出，关于从可能性展望现实的推出等。⑳

按照辩证逻辑关于推理方式的要求，在方法论上就启示我们在认识问题、研究问题时要全面、要比较、要反复。要真正做到

实事求是、具体问题具体分析，就必须全面了解研究事物的客观情况，包括国内外同行已取得的成就，并且将各种推理所得结论加以反复比较。“那最好是把真理比作燧石，——它受到的敲打越厉害，发射出的光辉就越灿烂。”㉑此外我们还要注意到推理与推理之间的联系和区别。例如推理这种思维形式的运动和发展，可以是人类的认识过程、探索过程，也可以是证明过程，推导过程。人们在实践中接触事物，探索事物，例如我们在科学实验中做了许多工作，经过归纳得出一个、一些新的观点、公式、修正系数等，这是一个推理过程，认识过程。而一旦得出一定的结论时就须要表述（作报告、写论文等），在表述时须要比喻，更须要证明。如在论文中不仅要有论点、论题，还要论据，不仅要有有关的公式和实验数据，还要有推导来证明公式没有错误，这也是逻辑推理。但是在认识过程中的推理过程，仍以归纳法为例，就要求观察、实验的同类事物尽可能的多，以提高结论的确切性和扩大结论适用的范围。但在表述过程、在证明过程中，只须要选择典型的事例即可。这时推理结论之是否可靠，不决定于堆砌事例的多少，而在于选例是否典型。

辩证逻辑的推理的方法论意义特别明显地表现在“外推”和“预测”中。辩证逻辑的推理并不是为世界的未来发展创造出一些思辨的结构，而是始终以严密的科学认识为根据，同时又按照科学本身的发展规律，对排除了臆测的科学资料进行外推，由于它是在总结认识世界和实践上改造世界的全部经验的基础上，综合了各个不同学科领域内的知识的基础上进行外推的，因而就必然走得比直接的科学成果远一些，会产生一些新的思想和对现实现象的新见解。例如在恩格斯所生活的那个时代里，物理学中除了从牛顿的观点看待空间和时间的概念外，再也没有什么别的概念了。但是，恩格斯以辩证逻辑为指导，用完全不同的另一种观点来考察时间与空间，就比别人的先料到20世纪物理学取得的成果。科

学技术预测是一种未来研究活动，它调查科学技术的历史和现状；揭示科学技术的发展规律；通过定性或定量的科学方法，分析和预测科学技术在未来的发展趋势、方向和状况，为科学技术的规划、决策和管理服务。科学技术的预测任务是由社会发展的需要提出的，而预测的科学依据则是科学技术本身的发展状况。所以科学技术预测的时间幅度（短期、中期、长期）和质量的高低，取决于对科学发展规律的认识程度和对社会发展需要的了解程度。预测的方法很多，最常用的有：一、美国兰德公司创造的特斐尔技术方法，这是向专家作普遍调查研究并由此得出预测结果的方法；二、计划评审法，即将科研项目分别轻重缓急的先后次序，用网络图画出来，并着重于抓住关键项目和研究工作的关键路线，从而较准确地预测出完成计划所需的时间。这种方法创始于1958年，而由美国海军部在发展北极星导弹计划时发展完成；三、关连树法。在科学技术研究工作中，将所要达到的科研目标作为总目标，然后用树状图解列出实现这个总目标的分支目标，以及实现各级分支目标所需要的各种条件。这种方法可以配合其他方法一起预测，以便预测各种所需条件的可能性。其他较常用的预测方法尚有：未来情景描述法，交叉影响分析法，类推法，趋势类推法，反馈法，模型法，型态法，历史分析法，规划计划预算法，网络法，博奕法，模拟法，形态学方法，任务流程图等等。

上述科学技术研究工作预测的根据和方法，从逻辑学角度来讲，就是使用了辩证逻辑关于推理的理论并加以外推。这种逻辑方法的效果甚为显著。例如门捷列也夫由于发现了化学元素的结构规律，列出了化学元素的周期表，从而预测出当时没有发现的一些化学元素；美国兰德公司的两位空间技术专家，分析和研究了火箭推进技术及其他有关技术的进展，在1964年作出了从1978年到2050年空间技术在各阶段可能达到的成就预测；苏联科学史

家凯德洛夫(Б. М. Кэдров,1903—)分析了各个时期带头科学形成的条件和特征，揭示了带头科学形成的规律，预测今后的带头学科将是生物学、尤其是分子生物学，而在生物学以后将是心理学。

近几十年产生的一类新兴科学——软科学也是辩证地运用推理逻辑方法的成果。

软科学是研究管理和决策的科学。它不是自然科学，也不是社会科学、人文科学或其他什么科学，而是在现代自然科学和社会科学以及其他科学的基础上发展起来的、综合运用一切科学知识来解决社会进步综合性问题的科学。它综合运用自然科学的方法和社会科学、现代管理科学的方法去研究经济、科学、技术、管理、教育、法制等社会环节之间的联系和发展规律，从而为它的发展提供最佳的方案。

软科学研究的发展将使幕僚决策体制转向咨询决策体制，使单纯的经验决策方式转向科学分析和经验判断相结合的决策方式。为了帮助各类决策具备科学数据的支持和经常的、系统的决策研究工作支持，就必须发展软科学研究，做定量的社会、经济状态分析、动态分析和趋势预报。软科学研究是一种综合性的创造工作，在实践中产生了它自己的理论和方法，而这种理论和方法不是形式逻辑的推理方法，而是对形式逻辑的推理方法加以辩证运用的典型事例。

注：

①塔尔斯基：《逻辑与演绎科学方法论导论》，商务印书馆1980年版，第15页。

②恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第218页

③黑格尔：《小逻辑》，商务版书馆1980年版，第248页、255页、362页、367页。

④萧焜焘：《关于辩证法科学形态的探索》，《中国社会科学》1980年第2期。

⑤《列宁全集》第38卷，第154页。
⑥同⑤，第278页、第239页。
⑦同⑤，第243页、第277页。
⑧同⑤，第192页。
⑨《马克思恩格斯选集》，人民出版社1972年版，第2卷，第103页。
⑩N．马赫：《论思想实验》，《外国哲学资料》第三辑，商务印书馆1972年版，第153-157页。
⑪同③，第352页。
⑫恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年版，第204页。
⑬同⑫，第203页。
⑭同⑤，第89-90页。
⑮黑格尔：《逻辑学》商务印书馆1973年版，上卷，第213页。
⑯严济慈：《热力学第一和第二定律》，人民教育出版社，1979年版，第2页。
⑰同③，第359-372页。
⑱同⑤，第195页。
⑲同⑤，第192页。
⑳张巨青等：《辩证逻辑》，吉林人民出版社，1981年版，第104-110页。
㉑马克思：《第六届莱茵省会议的辩论》，《马克思恩格斯全集》第1卷，第69页。

第三节　辩证思维所特有的思维形式及其科学方法论意义

一、近代科学发展进一步证明存在有辩证思维特有的思维形式

黑格尔在逻辑学上的主要贡献是在建立唯心主义辩证法体系的同时，基本上完成了形式逻辑的辩证改造工作。由于当时科学水

平的限制，黑格尔还认为没有必要寻求新的思维形式。其实思维形式是个历史的产物，科学的发展、人类认识水平的提高和思维形式的发展是相互影响的。科学研究方法的突破，不能不影响人的思维活动，它包括思维形式的发展。逻辑学的研究工作就应该不断寻找和探讨新的思维形式。随着科学的发展而使整个人类思维复归到辩证法（当然是比原始的、朴素的辩证法更高的阶段）这样大的变革，不能不引起思维形式的变化，不能不产生辩证思维所独有的思维形式。

近代科学的发展，不仅极大地丰富了人类思维的内容而且增强了思维结构的丰富性。辩证逻辑就是要把人们在思维实际中反映思维内容的逻辑结构完满地概括出来，将发展了的人的思维的新的结构形式研究概括出来。

20世纪以来，科学发展所取得的成果，比它在以往全部历史里所完成的还要多得多；而且这种发展不仅仅是数量的增长，而是在对各门学科的本性的认识上有了质的变化。在20世纪里已完成了一次科学技术的革命。这种科学革命一方面是科学历史发展的结果，是从文艺复兴时代以来就不断进展的科学实验和科学思想的内部运动的延续现象，另方面是来自科学外部的社会影响，是经济危机、战争、社会革命的影响。单从科学研究工作的组织来讲，在不到七十年的时间内，经历了三个阶段，发生了非常重大的变化。在19世纪90年代，科学研究仍停留在私人工作的范围内，工作主要在教授的小实验室或发明家的住房里进行。到本世纪20年代、30年代，科学研究工作就工业化了，建立起庞大的研究机构和实验室来开展科学研究工作。而从苏联十月革命以后，到第二次世界大战期间成了世界各国普遍采用的由国家计划和筹备的大型研究机构来进行的科学研究工作，更极大地推动了科学技术的发展。英国的著名科学史专家贝尔纳（John Desmond Bernal，1901-1971）说："规模每次扩大，科学应用

范围也跟着扩大。在第一阶段，范围限在细微的改进和小型设置上。在第二阶段，范围是全部科学新工业——如无线电或精制药物。在第三阶段，科学达到了最大的企业——已被作为国家资本主义企业的焦点的备战生产；或者社会主义下建设性的和转变自然的巨大计划。" ①

当代自然科学正在不断向纵深发展，无论是微观领域还是宇观领域都在进行各个层次的性质及规律的全面深入的探讨。现代自然科学不仅研究既成事物及其现存状态，而且研究它的动态过程，并把各种事物的产生发展的历史以及各种事物之间的特定关系作为研究对象，从而使人类对自然界的认识更深刻、更全面。由于许多高效能、高精度和高度自动化的实验仪器，特别是电子计算机技术和人造卫星航天技术的发明和使用，出现了许多以研究事物及自然现象历史演化的新学科。例如化学元素演化学、天体演化学、生命的起源及其演化、人类的起源等等。人类对自然界正在进行从各个层次、各个角度(从静态到动态，从历史到现状)、运用各种方法（从定性到定量，从实验到理论，从描述到抽象，从单变量、单因素控制到状态反馈、多变量多因素的综合研究）进行深入的研究。现代科学在经历了科学史的多次分化与综合的交替后日益趋向于在高度分化基础上形成全科学的的整体化，现代自然科学的发展已由树枝状进入到网络状。在社会科学方面，由于社会革命在一系列国家取得的胜利，以及科学技术高度发展，生产力高度发展，所引起的变化和矛盾，而使哲学、社会历史科学也在世界范围内得到迅猛的发展。而且自然科学的方法、特别是数学方法对社会科学的渗透，自然科学和社会科学间的边缘科学的产生，也使哲学、社会历史科学面目全非。社会科学和自然科学、工程技术科学间也日益互相渗透，现代工程技术的发展不仅要考虑它可能带来的社会影响，而且工程技术的进一步发展导致要从社会的需要出发来考虑技术上和科学上的发展。例如材料科学和

工程(MSE)就不仅是材料设计（设计所用材料的工程结构），而且重要的是设计材料，不是从已有的材料出发来作工程设计，而是从需要出发，根据需要从分子水平上来设计和生产所需要的材料。所有这一切科学发展的成就，使科学、技术、生产形成一个完整的统一体，科学研究的成果广泛渗入社会有机体，以至人们的日常生活。出现了科学社会化和社会科学化的崭新现象。

科学内容的发展、科学方法的革命、科学与社会的相互作用的扩大，使得恩格斯称之为到近代人（希腊人和佛教徒）才具有的辩证思维，得到了空前未有的发展。原来形式逻辑所概括、总结出来的三种思维形式：概念、判断、推理，即使加以辩证地理解和运用也远远不够了。

在形式逻辑中所研究的概念，对内涵、外延、划分、定义等规定规则，即使按照辩证法的指导来加以运用，也远不足以反映近代人科学思维的内容。

在形式逻辑中，判断就是命题（如S是P，S不是P），但是在辩证逻辑中，命题不能用判断来表示，因为它包含着矛盾、对立统一等。在哲学和自然科学中不断发现的种种悖论、佯谬决不是判断这种形式所能完全概括。判断这种思维形式也不能反映所有的事物关系。有些概念、集合、模糊集合是不能比较的，因而无所谓是或不是，这种关系在形式逻辑的判断中是无法包含进去的。

在近代的科学研究中，推理过程也比过去复杂得多。形式逻辑关于推理格式的种种研究成果，即使加以辩证地运用，也不能充分反映近代人思维活动中的推理活动，因而必须寻找、探索、概括辩证思维的新的思维形式及其活动的逻辑过程和规律。

二、范畴

1. 逻辑范畴

范畴是人们对客观事物的最普遍、最本质的抽象反映，列宁说："自然界在人的认识中的反映形式，这种形式就是概念、规律、范畴等等。"②

范畴这个词，按照语源和亚里士多德最先所下的定义是关于存在物所说的、所确定的东西。亚里士多德已经了解到范畴是用来表示现实的各个方面的，是最普遍的谓项，他把各种各样的判断的谓项（范畴）分为十大类：本质（如人、马），数量（如二尺长，一斤重），性质（如白的、懂英语的），关系（如二倍、较大的），地点(如在市场里、在雅典)，时间(如昨天、去年)，姿态（如坐着、躺着），状况(如穿鞋的、有武装的)，活动（如说话、跑步），遭受（如被打、挨饿）。③

亚里士多德的范畴体系主要是从本质论的角度来论述的。第一个从认识论的角度来论述范畴、逻辑范畴体系的是康德。康德认为知识分为纯粹知识（逻辑知识）与经验知识两类。经验知识由感知和逻辑范畴两部分组成。逻辑范畴有普遍性和必然性，而悟性是人的先天的思维能力，逻辑范畴是先天的悟性形式。人们在认识世界时得到的感性知识，必须通过先天的思维形式，通过人们头脑中固有的概念和范畴去把感性材料纳入各种联系中去。康德说："故悟性……自身实为自然之立法者。""吾人所名为自然之现象中所有之顺序及规律乃吾人自身所输入者。"④就逻辑范畴的起源和作用来说，康德的观点是主观唯心主义的。但康德认为"思维无内容是空的，直观无概念是盲的。……这两种能力的功用不能互换，知性不能直观，感观不能思维，只有当它们联合起来时才能产生知识。"⑤康德强调认识世界单靠经验

不行，还得靠理性，经验不能有普遍性，而人们获得的知识又有一定的普遍意义，这就是理性的作用。康德这个观点是正确的。康德研究人的思维能力，从认识论角度提出逻辑范畴的体系也是有贡献的。他提出十二个范畴分为四类：一、量的范畴：单一性，多数性，全体性；二、质的范畴：实在性，否定性，限制性；三、关系的范畴：依附性与存在性（个体与偶性），因果性与依存性（原因与结果），交互性（主动与被动之间的相互作用）；四、样式的范畴：可能性与不可能性，存在性与不存在性，必然性与偶然性。这些范畴的数目与判断的分类（康德的判断分类是：以量为标准，判断可分为单称，特称，全称；以质为标准，判断可分为肯定，否定，无限；以关系为标准，判断可分为直言，假言，选言；以模态为标准，判断可分为或然，实然，确然。（完全相一致的，并且强调这些范畴、判断的相互联系。康德的每一组范畴，实际上是一个正反合过程，它体现着人类的辩证思维，为后来黑格尔的逻辑学所吸收。

黑格尔同意康德的见解，认为逻辑范畴不是通过知觉得来；与康德不同的是，康德认为逻辑范畴是从主观理性"自我"中经验地引出的，黑格尔则认为逻辑范畴是绝对观念依必然性推演而出，逻辑范畴也就是对象的本质自身。"思想的真正客观性应该是：思想不仅是我们的思想，同时又是事物的自身 (an sich)，或对象性的东西的本质。"⑥黑格尔认为形式逻辑虽然详尽研究各种判断形式，如必然判断、可能判断等，而逻辑学的首要任务是研究必然、偶然等逻辑范畴，有了逻辑范畴才能统帅判断等各种思维形式和思维运动。"逻辑的原则一般必须在思想范畴的体系中去寻求，……这里所说的思想和思想范畴的意义，可以确切地用古代哲学家所谓'Nous（理性）统治世界'一语来表示。……理性是世界的灵魂，理性是在世界中，理性构成世界的内在的、固有的、深邃的本性，或者说，理性是世界的共性。"⑦逻辑学

是一种反思的科学，是通过理性思维来研究思维。所以逻辑范畴的作用特别重要。黑格尔的全部逻辑学著作就是一个严密的逻辑范畴体系。黑格尔逻辑学第一部分“存在论”的主要范畴是“质”，“量”，“度”；第二部分“本质论”的主要范畴是“本质（同一、差异、根据）”，“现象”，“实在”；第三部分“概念论”的主要范畴是“主观性（概念、判断、推理）”，“客观性”，“理念”。

一切范畴都是概念，但并非一切概念都是范畴。每门科学在其长期发展的历史中都制定了一系列反映客观现实的一定方面的范畴。没有范畴就不可能有科学，科学越发达，它所使用的范畴的数目越多。

范畴是反映事物的普遍规定性的主观形式，其与该事物其他规定性的相应联系就是定律（客观规律的主观形式），但是范畴有其客观性，它是在社会实践中产生的，反过来又成为人类认识世界和改造世界的工具。人类在实践中，积累了丰富的经验，从不同方面揭示了事物的本质，从而概括出各种不同的范畴以指导进一步认识世界和改造世界的工作。关于范畴的起源和作用，列宁在其哲学笔记中作了通俗的说明。他说：“在人面前是自然现象之网、本能的人，即野蛮人没有把自己同自然界区分开来，自觉的人则区分开来了。范畴是区分过程中的一些小阶段，即认识世界的进程中的一些小阶段，是帮助我们认识和掌握自然现象之网的网上纽结。”⑧逻辑范畴是各种科学范畴中最普遍的本质的概括，是从思维形式的角度作出的概括。

范畴并不是一成不变的、永恒的，而是历史的变动的。它在一定历史条件下产生，并随着实践的发展而发展。哲学作为科学的科学（包罗全部认识的总和）而存在的时代，哲学范畴、逻辑范畴看起来是能够概括一切，永远不会再增加了。但是随着哲学丧失其“科学的科学”的地位后，某些从前是哲学的问题成了专

门的具体科学的问题了，有些本来不是哲学的新问题倒又成了哲学问题了。原有的范畴与人类科学认识的新成果就产生了矛盾，于是范畴本身就不能不发展变化。其实，即使在哲学是科学的科学的时代（逻辑学是哲学的一个分支），范畴也是在变化的。古希腊、罗马哲学的中心范畴是"始因"、"第一本质"、哲学、逻辑学的中心任务是寻找第一本质的问题，而后来随着科学的发展，"第一本质"不仅不再是中心，甚至被拼弃在哲学范畴之外。所以范畴是随着人类的实践和认识的发展而发展的。在实践过程中，有些范畴的内容丰富了、深化了，有些范畴被淘汰了，一些新范畴产生了。范畴的不断产生、丰富和变化，是人类对客观世界本质的认识日益广泛深入的标志，也为人类进一步认识世界和改造世界提供新的工具。逻辑范畴也因各种范畴在量和质方面的增长、扩展、变化而得到充实，甚至能概括出新的逻辑范畴。

2. 作为辩证思维形式的范畴

逻辑范畴是人类认识发展过程的交点，是人类探索宇宙秘密、认识客观世界进程中的小阶段。逻辑范畴由作为认识的总结，转化为认识的手段，就成为人们认识和改造现实世界的方法或工具，因此范畴在人类认识能力中具有一定的价值和地位，具有逻辑作用。作为思维形式的逻辑范畴是思维反映客观世界的逻辑工具，是思维加工、改制和把握物质运动的"精神模型"。辩证思维是人类思维发展的高级阶段，它当然包含人类思维发展过程中的一切积极成果，所以辩证逻辑的范畴并不排斥而是吸收了一切有用的思维形式（包括形式逻辑关于范畴的论述）并且卓有成效地运用它们来表达自己的成果。

范畴是人类认识的总链条上的一个环节、一个纽结。每个范畴都是人类认识的凝结和结果，因而也是客观世界在人脑中的反映形式。范畴在认识过程中运动的辩证法，反映着外部世界的辩证本性。辩证逻辑的范畴是以自己的科学的、与客观事物相符合

的形式为思维提供一种认识的模型，它是具体的、灵活的、彼此联结和相互转化的。思维接近客观真理的过程是一个不断接近的无限过程，也因此范畴体系不可能是封闭的。逻辑范畴体系只是体现了人类思维无限深入客观世界的过程，和指明了思维向着客观真理前进的道路，而不是一个封闭的、至高无上的范畴体系。

辩证逻辑的范畴体系，从抽象思维、逻辑的角度讲，相当于数学中的公理化体系；从哲学史、认识史的角度讲，逻辑范畴的次序应贯彻逻辑与历史相统一的原则，从而使逻辑范畴体系既反应人类认识能力的发展过程，又反应出主观辩证法的发展成熟是与客观事物的发展成熟相一致的。因而再次表明辩证逻辑的范畴体系不可能是封闭的，它将随着人类认识的发展而不断补充和完善。

逻辑范畴可以分为三类：一、反映对象（实体）的范畴，如物质、存在等；二、反映属性（实体存在的形式）的范畴，如时间、空间、运动等；三、反映关系(矛盾的关系)的范畴，如质、量、度、有限、无限、肯定、否定、绝对、相对、原因、结果、必然、偶然、可能、现实、内容、形式、现象、本质、对立、同一等。

范畴是从事物发展的过程中揭示最普遍的联系和关系，即矛盾关系。形式逻辑是不允许存在逻辑矛盾的，这也是形式逻辑在思维中、科学研究和日常生活中能起重要作用的一个原因。辩证逻辑的概念、范畴是反映、包含矛盾的，但这与逻辑矛盾完全是两回事。逻辑矛盾的产生，当然也有一定的客观根据，就是它反映了思维运动正确地要求超越相对静止状态，但是它的反映是错误的、混乱的，逻辑上不允许的。作为辩证思维的形式的范畴所反映的客观事物（包括人类的思维运动）内在的辩证矛盾与逻辑矛盾是有区别的。第一，逻辑矛盾是永假命题，而范畴所反映的客观事物的辩证矛盾没有真假之分，只是反映的确切性有程度不同

之分；第二，逻辑矛盾是思维活动对客观世界的错误反映，它在客观世界中是没有现实原型的，而范畴则是客观事物自身的对立因素的本质的抽象反映；第三，逻辑矛盾的形式仅仅是既肯定又否定或既否定又肯定这一种形式，而范畴所反映的思维内容的辩证矛盾则形式千变万化；第四，逻辑矛盾不是思维发展的结果，它不具有流动性，它在矛盾中采取的否定形式不是事物联系发展的环节，而范畴所反映、包含的矛盾具有流动的特点，反映着概念的流动发展与客观事物发展进程的统一，它在矛盾中采取的否定形式，是事物联系发展的环节。

3．范畴的结构

范畴是从事物发展的过程中揭示最普遍的联系和关系，即矛盾关系。辩证逻辑中的范畴这种思维形式，与形式逻辑中的概念这种思维形式的主要不同点是：形式逻辑以概念自身的同一为研究前提，辩证逻辑则以"概念的本性的研究为前提"。所谓概念的本性，即是指辩证性、对立统一。范畴作为辩证逻辑的思维形式，就要以概念本来包含的一系列对立统一关系作为研究前提。

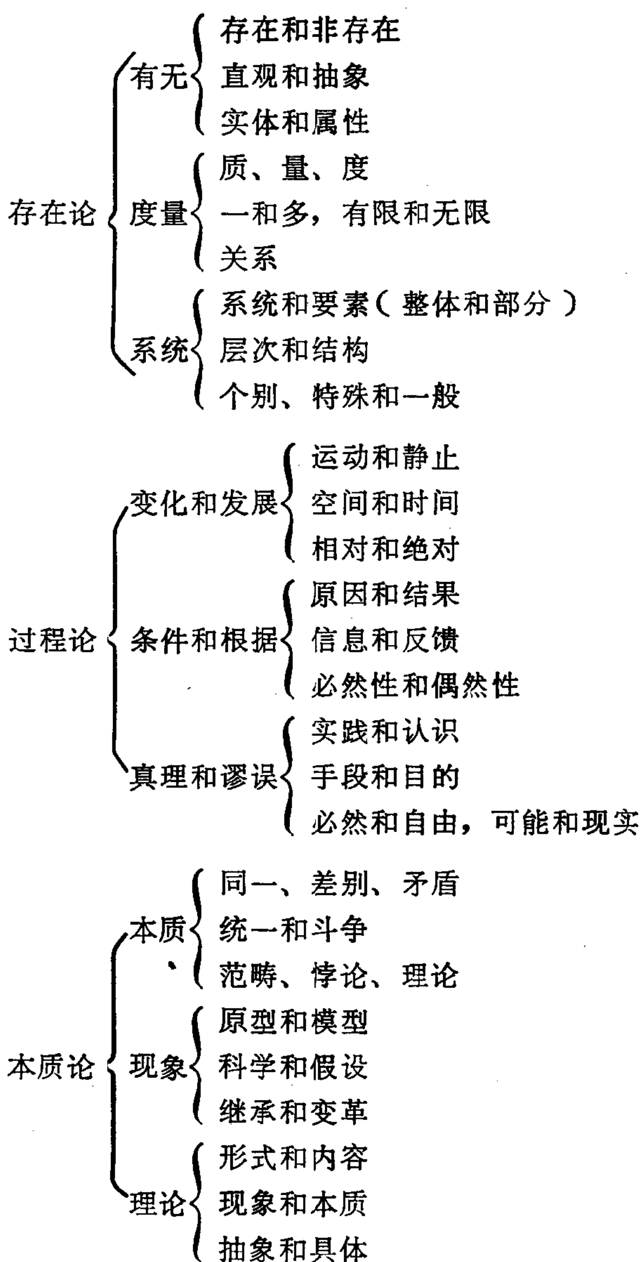
范畴的对偶性（如：个别和一般，本质和现象，内容和形式，必然和偶然，可能和现实等等）是反映对立统一的特殊结构形式。它一方面能反映认识对象内部含有的对立统一关系，即发展过程的内容和源泉，如生命——生和死，电——吸引和排斥；另一方面又反映着事物发展过程的外部形态特征的对立统一，如运动——连续与非连续，有限与无限，粒子——微粒性和波动性；再一方面又能反映范畴外形结构上就是两个对立概念的统一，如微积分——微分和积分两种相反相成的运算方法，扬弃——既是结束又是保持，测不准关系——一个微观粒子的某些成对的物理量不可能同时具有确定的数值，人民民主专政——对人民的民主与对敌人的专政等。

两种对立因素的矛盾统一体虽然是矛盾的基本形式，但还大

量存在一分为三的现象。如时态上有过去、现在、将来；在三维空间有长、高、宽；在原子核与外层的层次上有质子、中子、电子；化学键依原子得失或偏移电子的状况不同，分为离子键、极性共价键、非极性共价键；在社会现象中有生产力、生产关系(经济基础)、上层建筑等。甚至还有一分为多的现象，如在微观世界中，基本粒子就可以变成相等的两个甚至多个，例如对于π介子来说，每一个打碎了的“碎片”都自动地成长为同样的π介子，一个高能的π介子可碎裂成几十个低能的π介子。范畴结构当然也要反映和包含这种情况，辩证逻辑的范畴要显示辩证思维的具体性与质的多种定规性的辩证统一。恩格斯在《自然辩证法》的数学札记中关于“零”的论述，就是一个典型例子。恩格斯强调了零比其他一切数更具有丰富的内容，因为它不仅表示“没有”、是“任何一个确定数的否定”，而且还表示界限、数值、精确度、事物运动变化的关节点等等，它不仅是否定，而且具有非常复杂的内在规定性，“它是和其他任何一个数都有无限关系的唯一的数。”⑨

范畴是辩证思维的形式，它应反映和包含思维的矛盾运动的辩证性：从基本结构和基本矛盾来看，它反映和包含肯定与否定，同一与差异的矛盾；从基本内容看，它反映和包含个别与一般、局部与整体的矛盾；从运动基本形式看，反映和包含确定与灵活，间断与连续的矛盾；从逻辑结构来看，反映和包含了内涵和外延的矛盾。

除了范畴本身的结构问题外，还有一个范畴体系的问题。关于辩证逻辑的范畴体系，参照哲学史上一些哲学家关于范畴体系的论述和近年来我国学者关于唯物辩证法和辩证逻辑体系的论述⑩，提出下面的看法：


存在论
有无
存在和非存在
直观和抽象
实体和属性
度量
质、量、度
一和多，有限和无限
关系
系统
系统和要素（整体和部分）
层次和结构
个别、特殊和一般
过程论
变化和发展
运动和静止
空间和时间
相对和绝对
条件和根据
原因和结果
信息和反馈
必然性和偶然性
真理和谬误
实践和认识
手段和目的
必然和自由，可能和现实
本质论
本质
同一、差别、矛盾
统一和斗争
范畴、悖论、理论
现象
原型和模型
科学和假设
继承和变革
理论
形式和内容
现象和本质
抽象和具体

4. 范畴的科学方法论意义

范畴是人们认识世界的一种思考方式，人的认识必须依照范畴去描述和把握客观世界的复杂图景。例如“因果性”的范畴就是任何科学家在进行科学研究，分析各种现象之间的联系时必然要用到的范畴，所以对范畴的正确了解和正确运用的能力，实际上是人的判断能力的重要组成部分。

范畴这种知识的最高一级的逻辑概括，能帮助我们在科学研究工作中迅速打开局面。维纳说：“有这样一些科学工作领域，……人们从纯数学、统计学、电工学和神经生理学等等不同方面来探索它；在这样的领域里，每一个简单的概念从各方面得到不同的名称；在这样的领域里，一些重要的工作被各方面重复地做了三四遍；可是却有另一些重要工作，它们在一个领域里由于得不到结果而拖延下来，但在邻近的领域里却已成为古典的工作。”⑪避免这种情况的最好的办法是采取更高层次的概念、范畴来统帅几个领域的、或者是边缘区域的研究工作，如同控制论那样。1943-1944 年之间的冬末，在美国普林斯顿召开的有工程师、生理学家、数学家参加的第一次控制论问题讨论会上，“会议后期，大家都明白到，在不同领域的工作者之间的确存在着一个实在的共同思想基础，每一个集体中的人都可以运用已经由别人发展得更为成熟的概念，必须采取一些步骤来获得共同的辞汇。”⑫

其实，许多不同领域的研究工作都可以从某一侧面、或用更高层次的范畴（更不用说逻辑范畴了）来加以贯通。例如，自然科学领域内一些物理量间的变化关系都可以从它们的共性方面进行抽象，概括出共同的公式来表达。在动力学中，牛顿第二定律是：力＝质量×加速度($F=ma$)；牛顿内摩擦应力＝物性（流体粘性系数）×运动效应(流体速度梯度)$\left(\tau=\mu\frac{du}{dn}\right)$；在材料力学中，胡克定律是：应力＝弹性系数×应变($\sigma=E\varepsilon$)；在电学中，

欧姆定律是：电压＝电阻×电流($V=RI$)；电容器内电荷与电压的关系是：电荷＝电容×电压($Q=CU$)； 在传热学中， 富里哀定律是：温差＝热流量×热阻 ($\Delta T=qR$)。实际上这些不同领域的定律，在呈线性关系时，都可以表述为：运动的原因（主动的运动）＝物体某一特性×运动的效应（被动的运动）。这种统一的、更高的、更抽象的表达式，可以适用于许多领域，如在电阻应力分析中就是：应变＝应变电阻系数×电阻改变量$\left(\varepsilon=\frac{1}{K}\ \frac{\Delta R}{R}\right.$、$\left.\varepsilon=\frac{1}{KR}\Delta R\right)$；在电压效应上就是电荷＝压电常数×力($q=2d_{33}\times F$)； 在应力光学定律就是主应力差＝应力光学系数×光程差$\left(\sigma_1-\sigma_2=\frac{1}{t\cdot c}\times\delta\right)$。

以上是就经典物理阶段的状况而言。在近代科学技术中，虽然由于认识的深入而使问题复杂化了，如质量M，同时要考虑m（质量）、k（刚度）、r（阻力）等，但从方法论上来讲，道理还是一样的，即可以看作一个作用经过系统得到一种响应。

在单自由度机械系统如图 3-3。

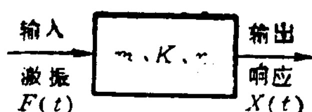


图 3-3 机械系统

$$\frac{\text{输入}F(t)}{\text{输出}x(t)}=Zx$$

（机械阻抗或动刚度）

在电振荡系统串联 RLC 迴路，如图 3-4。

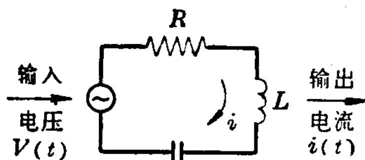


图 3-4 电振荡系统

$$\frac{\text{输入}V(t)}{\text{输出}i(t)}=Z\text{(电阻抗)}$$

交流电

如用输出与输入之比来表示（用复数时称频率响应函数，用拉普斯变换称传递函数……）都可统一起来，构成逻辑常项与变项组成的一定公式，变项在各个学科中都有相对应的元素，如：

元素 系统	系统			输入	输出
机械系统	质量 m	刚度 k	阻尼系数 r	激振力 $F(t)$	位移 $x(t)$
串联 RLC 电路	电感 L	电容的倒数 $1/C$	电阻 R	电动势（电压）V	电位 $i(t)$
管路系统阻力损失	流量 Q	长度管径比 L/d	阻力系统 λ	压头 H_Δ	压降 $\Delta p/r$
传热系统	热流量 q		热阻 R	温度 Δt	
热力系统	流量 G		摩擦力等阻力	㶲值 E_1	㶲值 E_2

这样各种不同系统的物质运动过程，在逻辑上均可表达，如图 3-5。

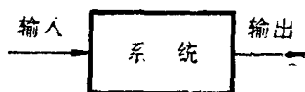


图 3-5　物质运动逻辑图

如果用 $x(t)$ 表示输出，$F(t)$ 表示输入，τ 为单位元冲量作用时间，则在数学上可表述为

$$x(t)=\int_0^t F(t)h(t-\tau)d\tau$$

正因为存在这种关系，所以可借用微分方程、偏微分方程对各种物理现象进行描述，可用数学模型来模拟物理现象，例如各种运动方程式。又由于数学模型在电流现象中最易实现，所以出现了电子计算机和计算机科学。

在 17、18 世纪所取得的科学成果的基础上，产生了诸如

"物质存在的形式"（空间和时间是物质存在的形式）、"物质的属性"（运动是物质的属性）、"物质的形态"（实体和辐射是物质的形态）等概念，但是今天的物理学家或哲学家就难以单义地回答什么是引力的问题，如它是物质的形态？还是物质的存在形式？这不仅是因为我们关于引力的知识不够，而且是因为还没有概括总结出合适的范畴。

辩证逻辑的范畴这一思维形式，由于它是全面的、综合的科学思维的抽象，所以它与形式逻辑的概念（即使已按辩证法原则来理解和运用这些概念）不同，它既同人类知识的已有水平相联系，又能预料到新的成果，为科学的创造性活动开辟广阔的园地。辩证逻辑的范畴不仅是已往科学成果的记录和概括，而且是科学认识的工具，有普遍的方法论意义。它既是评判科学研究工作者提出的观念和假说的一种准则，又是引导科学研究工作者的思维去探索、寻求新的科学认识，创立揭示自然和社会奥秘的理论。

三、悖论

1. 本体论悖论、语义悖论和数理逻辑悖论

一个命题构成一个悖论是指这样的情况，如果由它的真可以推出它的假，而由它的假又可以推出它的真。这种命题的真、假可以在同等程度上得到证明，似乎是一种不能得出明确的、唯一的结论的逻辑矛盾，但是它不是一般的逻辑矛盾，而是企图用形式逻辑来反映和解决客观事物（包括思维）本身所存在的矛盾。悖论在人类认识史上，无论是哲学史、逻辑学史、科学史上早就有之，而且迄今未能得到妥善的解决，"在这里，两个对立的方面，说谎与真话，是结合在一起的。这种对立面的结合，曾经在各个时代以不同的方式一再出现，并且引起人们经常注意。"⑬

在我国古代哲学中就有许多悖论思想，在本体论悖论方面有："天下皆知美之为美，斯恶已，天下皆知善之为善，斯不善已。"（《老子》）"日方中方睨，物方生方死。""飞鸟之景未尝动也。""一尺之棰，日取其半，万世不竭。""天与地卑，山与泽平。"（《庄子天下篇》）语义悖论如"楚人有鬻矛与盾者。誉之吾盾之坚。莫能陷也。又誉矛日。吾矛之利。于物无不陷也。或曰以子之矛陷子之盾何如。其人勿能应也。"（《韩非子》）

古希腊最早提出悖论思想的是列宁称之为辩证法的奠基人之一的赫拉克利特（Heraclitus of Ephesus，约公元前533-475）。赫拉克利特针对伊里亚学派提出的思维同一律的规定，如巴门尼德（Parmenides of Elea，公元前6世念末-5世纪）提出的命题："存在是存在，非存在是非存在。"而认为这命题已经蕴涵了自相矛盾的悖论，因为存在和非存在是同一的又不是同一的。赫拉克利特认为宇宙中存在一种自然逻辑，它是人类理性的源泉，又是人类理性学习的对象，黑格尔非常尊崇赫拉克利特，他曾说"没有一个赫拉克利特的命题，我不曾纳入我的逻辑学中。"⑭他具体解释了赫拉克利特关于存在与非存在是一种"对立同一"的思想，他在《逻辑学》中说："存在比非存在并不更多一点，或是又说：一切皆流，也就是说一切皆变。"⑮在《小逻辑》中又说："变就是存在与非存在相同一"⑯。列宁在《哲学笔记》中也指出"《正在开始的东西还不存在，它只是走向存在》——（从非存在到存在，《非存在同时也就是存在》。"⑰巴门尼德的学生芝诺也提出了时空及运动的四个有名悖论：一、飞毛腿阿基里斯追不上乌龟；二、无限二分不可能；三、飞矢不动；四、单位时间的二分之一，等于它的两倍。古希腊哲学史上，反对思维同一律的另一个派别——诡辩学派的高尔吉亚（Gorgias，生卒年不详）则从语义学的角度出发，提出语义悖论。芝诺悖论，在当时的古希腊哲学中是作为因发现了等边直角三角形的斜边与直角

边不能通约，亦即不能量度，而动摇了毕达哥拉斯（Pythagoras，公元前569-500）的信条：宇宙一切现象都能归结为整数或整数之比，而产生的数学危机和思想混乱在哲学观点中的反映。亚里士多德的哲学、逻辑学的任务就是要解决和澄清思想领域里的危机和混乱。芝诺悖论在亚里士多德的著作中是作为批判的对象而保留下来的。

亚里士多德的逻辑学的一个重要观点就是：思维与矛盾性不相容。“有一个原理我们不可为之掩饰，而且相反地，必须永久承认其为真实——这就是‘同一事物不能同时既是而又不是，或容许其他类似的相反两端’。”⑱“……有些人不但自己主张‘同一事物可以既是而又非是’，还说这可让世人公论，事理确乎如此。其他如自然科学的作家，也常用这样的言语。但我们现在认为任何事物不可能在同时既是而又非是，并且认为这原理能自明为一切原理中最是无可争论的原理。”⑲亚里士多德这个观点是针对当时哲学、逻辑学上的另外两个派别的：即以赫拉克里特为代表的辩证法派和以普拉塔哥拉（Protagras，约公元前500-411）为代表的智者派的，这两派都是以承认和研究矛盾思维为特色的。

由于亚里士多德的地位，特别是通过中世纪经院哲学家的歪曲和发展，形式逻辑成了唯一的逻辑，正统的逻辑。矛盾思维虽然也仍有人不断提出，如中世纪的神学家中有人由于怀疑上帝是万能的，就提出“上帝能不能造出一块他自己举不起的石头”的问题。自然科学家伽里略举出所有自然数的平方数可以和自然数一一对应：

$$1, 4, 9, 16, \cdots, n^2, \cdots$$
$$1, 2, 3, 4, \cdots, n, \cdots$$

因而部分可以等于整体的伽里略悖论。但总的来说哲学家和科学家都信奉思维的不矛盾性，严格遵循形式逻辑的矛盾律，不允许出现悖论，也不研究悖论这一专属于辩证思维的形式。

黑格尔对芝诺悖论所反映的辩证思维给予很高的评价，认为后人出于误解而未予重视和发展，即使康德的二律背反的思想与芝诺悖论相比也无多大进展。康德以其范畴表为基础，就宇宙论中的矛盾现象，提出了著名的四条二律背反。（一）世界有时间上之始，就空间而言，亦有限界；世界并无起始，亦无空间中之限界，就时空二者而言，世界乃无限的。（二）世界中一切复合的实体乃由单纯的分析所构成者。故除单纯的事物或由单纯的事物所构成者以外，任何处所并无事物之存在；世界中复合的事物并非由单纯的部分构成，故在世界中并无处所有任何单纯的事物之存在。（三）依据自然法则之因果作用并非一切世界现象皆自之而来之唯一因果作用。欲说明此等现象，必须假定尚有他种因果作用，即由于自由之因果作用；并无自由，世界中之一切事物仅依据自然法则发生。（四）在一绝对必然的存在属于世界，或为其部分，或为其原因；世界中绝不存有绝对必然的存在，世界之外亦无视为其原因之绝对必然的存在。⑳通俗点说，康德的四条二律背反就是（一）世界在时间、空间上是有限的，又是无限的；（二）世界上的一切既是简单的不可分割的，又是复杂的可分割的；（三）世界上存在着自由，又因为一切都是必然的而没有自由；（四）世界的始因是存在又是不存在的。二律背反也是悖论，康德提出二律背反的思想，在当时哲学思想的发展情况来讲是个重大的、深刻的进步，因为康德意识到人的思维本身就存在着矛盾，理性在本质上是矛盾的，这就沉重地打击了当时占统治地位的形而上学思想。

关于语义悖论，早在公元前六世纪，古希腊地中海的克里特岛(Crete)的哲学家伊壁门尼第(Epimenides)就提出有名的说谎者悖论，即一个克里特岛人爱比美尼说："凡是克里特岛上的人都是说谎的"，那么这句话是真还是假呢？（"说谎者悖论"并不是严格意义上的悖论，而只能是语义悖论的一种原始说法，因

为固然以从真引出假，但从假并不能推出其全部真。如果改成“我总是说谎”、“我从来不讲真话”就符合悖论的精确含义。）中世纪的逻辑学家对语义悖论曾做过不少研究。在19世纪末、二十世纪初逻辑学家们又发现不少语义悖论。其中较典型的有：理查德悖论、伯尔利悖论、考涅悖论、格里灵悖论等。㉑

语义悖论的产生也是有一定的客观基础的，因为语言可分为对象语言和元语言等各个层次，而在对象语言和元语言之间是存在着既对立又统一的矛盾的，它们既对立又统一。语义悖论是对这种客观矛盾的歪曲反映。

逻辑学本来起源于辩论术，也离不开辩论，离不开关于语言的使用，语义、语法都与逻辑学直接关联。因而语义悖论也必然是辩证逻辑所要研究的内容。但是真正称得上悖论的，还要推数学、数学基础中的悖论。

数学历来被科学家认为是严谨的、精密的科学。但是数学发展史上，人们不断发现，数学没有严密的逻辑基础。欧几里得几何在各门学科中长时期内被认为是具有严密的逻辑体系的典范。但是非欧几何的出现，不仅证明了还有别种几何存在‘而且发现了欧几里得几何的逻辑结构非常不完备。因为欧几里德给出了许多毫无意义的定义，而对于后面用到的一些概念又没有给出定义，甚至他不自觉地用了从未叙述过的公理。于是许多数学家转过来把精力集中于研究算术、代数和分析。但是到19世纪，人们也创造了新的代数（四元数代数、向量代数、矩阵代数等），这些代数不完全遵守普通算术的规则。而且代数、算术也不能保证准确地反映自然现象，不能给出真理性的认识，例如把2立方厘米氢气与1立方米氧气混合，得到的不是3立方厘米水蒸汽，而是2立方厘米水蒸汽。

直到德国数学家康托尔（George Cantor, 1845-1945）创建集合论理论，才给数学又找到了新的逻辑基础。1900年在巴黎召开的数学大会上，当时最伟大的数学家彭加勒(Jules Henri Poin-

caré,1854-1912)骄傲地断言："现在，我们能说完全的严格性已经达到了。"㉒

康托尔的集合论，实质上是建立在三条原则（或称公理）的基础上：外延原则、概括原则、选择原则。显然只靠这三条原则和逻辑的推理来保证集合论的严格性是不可能的。所以到1897年意大利数学家布拉利—弗蒂(Cesare Burali-Forti,1861-1931)在超穷序数理论中发现了一个悖论（简称布拉利—弗蒂悖论）。接着康托尔自己于1899年在基数理论中发现了另一个悖论（简称康托尔悖论）。当时人们对这两个悖论的发现，并不重视，因为这两个悖论只牵涉到集合论中比较专门的技术性的领域，只要把这些领域中的一些定理的证明作某些调整或修改，问题就可以解决了。但是，到1902年罗素在集合论概括原则的基础上引出了一个悖论，即著名的罗素悖论。罗素悖论提供这样一个例子：一类书不是一本书，但是一类观念是一个观念。因此有一些类是属于它们自己的，另一些类则否，设M是由所有属于自己的类所组成的类，N是由所有不属于自己的类所组成的类。显然M和N是互相排斥的，而它们两者合在一起时，可以包含所有各个类。既然N本身也是一个类，那么它属于M还是属于N？如果N属于N，那是说它是属于自己的，根据这一点它应属于M。如果N属于M，那么它就不属于N，因为M和N是互相排斥的。既然N不属于N，就是说N不属于自己，那么根据N的定义，它又应属于N。罗素在《数学原理》中说："假定W是所有不是自己的分子的那些类的类，则对任一类X来说，'X是W'与'X不是X'等值。因而以值W赋予X就有：'W是W'与'W不是W'等值。"㉓罗素在1918年还把这个悖论通俗地描述成"理发师悖论。"

罗素悖论发现后，人们很快就意识到，只要把罗素悖论的陈述略加修改，即用逻辑术语来代替集合论中的术语，罗素悖论就可以在最基本的逻辑形式中得出。这就是说罗素悖论不仅触及数

学基础理论，而且也触及逻辑理论本身。

罗素悖论震动了西方哲学界和数学界。戴德金（Richard Dedekind，1831-1916）在他的名著《什么是数和数应是什么?》，用了“集合”的概念为分析和数论作奠基，但由于罗素悖论的发现，他延期发表他的著作。既是数学家又是逻辑学家的弗雷格（Fredrich Ludwig Frege，1848-1925），在写完他的重要著作《关于算术基本定律》一书的第二卷时，刚好收到罗素告诉他发现悖论的信，他大为震惊，不仅延搁了这一著作的出版期，并且在书的附录中申明：他的著作的基础之一已被罗素所动摇。拓扑学中著名的“不动点原理”的创建者布劳维(Luitzen Egbert Jan Brouwer，1881-1966）由于悖论的发现，也宣布放弃“不动点原理”，并声称他过去的工作全是废话。这些动摇和混乱，在数学史上被称为第三次危机。

由于这次危机是发生在数学和逻辑学的交界点上的。因而震动特别大。许多逻辑学家和数学家都努力设法解决悖论问题，并且这一工作对逻辑学和数学的发展都起了不小的作用，但是迄今未能从根本上解决问题。

除了数学基础中的一系列悖论外，在近代自然科学的各个领域中都存在着许多悖论。

在生物学领域，例如生物分类和进化论的悖论。根据生物同类相生的原理，鱼的子代必定是鱼，但根据进化论，鱼的子代不一定是鱼类，而可以是非鱼类，如爬行类。

在物理学上有孪生子佯谬(Twin Paradox)（佯谬也就是悖论）。根据相对论的尺缩钟慢效应，在地球上的观察者会认为快速远离地球进入太空的钟，比静止在地球上的钟走动得慢，因此一对双生子中的一位驾驶快速火箭到别的星球上旅行一段时间再回到地球上时，在地球上的一位就会认为他比自己年轻。但同样，在太空中作旅行的那位观察他在地球上的兄弟时，就会发现这位

兄弟是作（反向的）高速运动，因而认为在地球上的兄弟应该比他年轻。

在经典力学中有玻尔兹曼佯谬。玻尔兹曼(Ludwig Boltzmann,1844-1906)认为对于原子组成的体系，在给定的温度下达到热平衡时，热能应分配到所有可能参与热运动的粒子中去，当给一块材料加热时，电子将旋转得更快,质子将在核内震动得更强，组成质子的那些部分也将在各自束缚的范围内运动等等。如些追溯下去，就会导致如下结果：要给物质的一小部分加热，就需要巨大的能量。（在量子力学范围来考察，波尔兹曼佯谬是可以解除的㉔）。在本世纪50年代，人们发现在奇异粒子衰变中存在着 $\tau-\theta$ 疑难，也是一种悖论。㉕

从上述人类认识史、哲学史和科学史上出现的种种悖论、二律背反、佯谬等情况来看，思维矛盾性是客观存在的。这些悖论可以划分为三大类型：本体论悖论，语义悖论和数理逻辑悖论。

本体论悖论是指这样一种“逻辑矛盾”，它产生于宇宙本体问题的哲学认识，它是客体矛盾本质在人类理性思维中的反映。

语义悖论是指这样一种“逻辑矛盾”，它产生于语辞意义所造成的恶性循环结构。

数理逻辑悖论是指这样一种“逻辑矛盾”，从集合论的原理中会得出任何一个集合 x 属于集合 N，和不属于集合 N，两者都可以同时是真，或同时是假 $(x\in N)\longleftrightarrow(x\notin N)$。

2. 作为辩证思维形式的悖论

从上述人类认识史，特别是哲学史、逻辑学史和科学史的情况来看，逻辑悖论在人类思维发展史中的出现，具有极深刻的根源。对悖论这种思维形式的作用和结构的认识直接关联着对人类理性思维活动的本质的认识，因为合理的矛盾思维，本来就是辩证思维的特殊形式。

人类社会发展到奴隶社会，就开始产生知识分子和知识阶

层，也就进入开始理性思维急剧活动、发展的阶段，在古希腊就产生了芝诺悖论等。但是人类的认识在这个时期毕竟还处于幼年阶段，因而相应的还是以理性思维中的悟性阶段为主，在逻辑学上就是以亚里士多德的逻辑学为主，即以非矛盾的规范性思辨形式为主，认为只有这种逻辑方法才是认识真理的唯一科学方法。而以芝诺为代表的悖论形式、表述客观矛盾的思辨形式则被认为是错误的思想方法。

由于亚里士多德逻辑长期居于统治地位，以及它在中世纪神学统治时又受到了歪曲，人们的思想，即使是思想敏锐的科学家也得在这种思想（形式逻辑）的束缚下进行思维活动，形式逻辑的思维形式在这阶段得到深入的细致的研究，而辩证逻辑的思维形式则不能受到重视，不可能得到研究，因而也不可能占据到重要地位。

芝诺悖论的材料是作为亚里士多德著作的批判内容而保留下来的，黑格尔在其哲学史讲演录中转述亚里士多德对芝诺的驳斥时，正确地指出了亚里士多德误解了芝诺，芝诺并没有否认运动的客观存在，他是为他的老师巴门尼德辩护，不同的是"芝诺把理论中的各环节和对立更多地作为概念和思想表达出来。"㉘芝诺悖论指出了单独地用"无限可分概念"（在第一、二悖论中）或"无限小概念"(在第三、四悖论中)来表达运动都是错误的，因为无论哪一种情况都不能把运动从概念上表达出来，因为它们都必然会推导出荒谬的结论。从形式逻辑来讲，前提正确，推论合乎逻辑要求,结论就应该正确。但悖论的情况是前提中隐含着矛盾，当找到另一个命题来揭露时，才能辨别出其中的矛盾。芝诺悖论的前提是：无限可分和无限项的和发散，也就是既承认可以把连续体表现为无穷多个离散体，又承认任何离散体都不能表现一个连续体。而这种矛盾状况又要从理论上，从思维中来表达，所以悖论本身是一种辩证思维的形式。黑格尔在哲学史讲演录中

还叙述了一段有趣的轶事。㉗当芝诺把他的悖论告诉犬儒派哲学家第欧根尼(Diogenes Von Sinope)时，这位第欧根尼本是久居木桶、足不出户的隐士，却一反常态，跨出木桶，一语不发地走来走去，意思是用行动来驳斥芝诺的观点。事后第欧根尼问他的学生如何看待这问题，学生同意第欧根尼的答辩办法。第欧根尼大怒，举棒责打学生，告诉他芝诺提出的是理论问题，而理论问题也要用理论去反驳。可见反映客观事物内在矛盾性的悖论是一种思维形式，它的运用和部分解除不仅要依靠实践，更重要的是要依靠思维本身的发展和提高。

作为人类的理性思维来讲，它都包含着矛盾、悖论。列宁说："康德有四种'二律背反'，事实上每个概念、每个范畴也都是二律背反。"㉘黑格尔也认为思维是必然包含着矛盾(黑格尔的用语是"规定着的和规定了的")，如果没有矛盾，就没有认识，没有思维。他在《小逻辑》中写道："其实认识就是规定着的和规定了的思维，如果理性只是空洞的、没有规定的思维，则理性将丝毫无思维。"㉙所以悖论是反映包含着矛盾的规定着的规定了的思维内容的思维形式，是辩证思维所独有的一种思维形式。

悖论产生的根源除了逻辑上的循环论证以外，主要是牵涉如何认识"无限"和如何使用"无穷推理"。布劳维的直觉主义派认为形式逻辑的排中律只能在有穷集合中应用，而不能在无穷集合中使用。在无穷的对象上使用排中律，无穷推理就不可靠，会导致悖论的产生。希尔伯特的形式主义派则认为应该保留排中律，认为无限集合的数学是可能的，但鉴于悖论产生的原因，他希望回避明显地使用"所有"这个词。

悖论是用知性范畴(形式逻辑)去研究无限对象时，必然要出现的理性矛盾，而我们人类的认识，特别是理性认识中的理性思维阶段，只能在有限与无限的矛盾中进行，例如对无限数的认识我们只能通过有限数来进行，对认识的无限性只能通过具体人的

有限的认识来进行，绝对真理只有通过相对真理的绝对性来积累等。因此辩证思维的内容包含着悖论。悖论也就成为辩证思维的一种思维形式。“认识矛盾并且认识对象的这种矛盾特性就是哲学思考的本质。这种矛盾的性质构成我们后来将要指明的逻辑思维的辩证环节。㉚

悖论作为思维形式可以用“A是非A”来表示，亚里士多德在《形而上学》中多次举例证明这种矛盾命题是错误的，“假如对于同一主题，在同一时间内所有的相反说明都是对，显然一切事物必将混一。假如对任何事物可以肯定或否定，同一事物将是一艘楼船，一堵墙与一个人。”㉛当然一个人并不是艘楼船，也不是一堵墙。但A是非A这个形式可以包含不同的内容，说一个人是一艘楼船或一艘楼船是一堵墙当然都是错的，但是说：“鸦片是有害的毒品又是有效的药物”、“集合论的奠基人康托尔是智者也是疯子”却是符合事实的。可见作为思维形式的悖论“A是非A”既可能是陈述一种谬误观点，也可能是陈述一个深刻的辩证命题。

所以，“A是非A”这个形式所能表达的思维内容，可以包含两个部分。一部分是形式逻辑所正确地否定的逻辑矛盾，另一部分则是表达辩证思维所特有的悖论这种思维内容的思维形式。用悖论这种思维形式表达的辩证思维内容又可分为两个部分：一部分是真理性的悖论，亦即悖论是现实的正确反映，这种矛盾状况本来就是该事物发展的源泉和动力。对于这类思维内容来说，悖论的作用是帮助人们正确理解该事物的发展状况。另一部分是问题性的悖论，亦即悖论之产生是由于人们对事物的认识还不深刻，可以解决的问题，尚未解决。对于这类思维内容来说悖论的作用就尤为显著。

3. 悖论的科学方法论意义

近代科学，无论是数学、自然科学，还是哲学社会科学的发

展都表明了悖论的出现是必然的，不可避免的。许多科学家承认它，并自觉或不自觉地运用悖论这一辩证思维特有的形式来开展研究工作。例如由芝诺关于阿基里斯追不上乌龟的悖论得到启发来研究黑洞问题。芝诺悖论的关键是用了两种不同的时间测量。从原则上说任何一种测量时间的"钟"都是依靠一种具有重复性的过程。例如太阳的升落，人体的脉博，吊灯的摆动，分子的振动等等都是具有重复性的过程，都可以作为测量时间的钟。用循环的次数或重复的次数作为时间的标值 t。芝诺悖论中除了普通的钟，还有另一种特别的"钟"，即以阿基里斯每一次都要达到上次龟所到达的位置作为一个循环。我们称用这种重复性过程测得的时间为芝诺时 t'。这样，如果阿基里斯和龟的奔跑速度分别是 V_1 和 V_2，且开始时二者的距离为 L，则

$$t=\sum_{m=0}^{n-1}\frac{L}{V_1}\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^m$$

或

$$t'=\frac{1}{\ln(V_2/V_1)}\cdot\ln\left[1-\left(\frac{V_1-V_2}{L}t\right)\right]$$

这个公式告诉我们芝诺"钟"和日常钟二者之间有一个变换关系，且称之为芝诺变换。

芝诺变换的特点是有奇性，即当 $t=\frac{L}{V_1-V_2}$ 时，t' 达到无限。因此，当 t' 从零增加到无限（相当于过完全部 t' 时间），它只复盖了 t 上的一个有限范围，即从零到 L/V_1-V_2。由此可见，芝诺时 t' 不可能度量阿基里斯追上龟之后的现象，亦即在芝诺时 t' 到达无限之后，还是有时间的，但是用芝诺"钟" t' 已经无法度量它们了。可见有的时间测量只能用来描述一定的局限范围中的运动，而不能描述其外的现象。由此可以得到启发，存在着日常时钟 t 也无法度量的 t 之后的现象。黑洞理论告诉我们不能用 t 来度量落入黑洞之后的过程，落入黑洞之后现象涉及 t 无限之

后的时间，因而只有用新的时间度量才能描述落入黑洞之后的过程。时间与时间的度量不同，一种时间度量达到无限之后还可以是有时间的。“时间之后的时间”、“无穷之后的存在”，就是蕴含在芝诺悖论中的哲理。

又如量子力学的一些首创者都提出要改变逻辑观点，因为不修改逻辑学就无法解释物理学史上关于光的微粒说与波动说的争论。在20世纪初期，关于波动说与微粒说这两种明显矛盾的结论，都可以用实验来证明，这是不符合传统逻辑的规定的。因此他们提出要建立一种量子逻辑来代替形式逻辑，取消形式逻辑中的排中律，量子力学的创始人之一，德国物理学家海森堡(Werner Karl Heisenberg, 1901-)说“古典逻辑可能相当于量子逻辑的前身，就象古典物理学是量子论的前身一样。那么，古典逻辑就可能被包含于量子逻辑之中，作为它的一种极限情形，而后者将构成更普遍的逻辑形式。”㉜

康德在研究了他提出的十二个范畴以后，认为认识还要发展，而且总是不断发展，要打破砂锅问到底，于是就必然会出现一系列无法解决的矛盾：如灵魂、活着是存在的，而死了就无法研究等问题。宇宙中的许多问题不能不用二律背反的观点来看待。

N．马赫在《论思想实验》一文中提到：“人们不仅可以用悖论学习最好地把握一个问题的本质（诚然在这个问题中甚至悖论的内容也是有疑问的），而且悖论的互相冲突的因素也不再容许思想停息不动。这些因素产生了以思想实验为其特点的思想过程。”㉝

可见，无论在社会科学还是自然科学中，悖论这种思维形式有助于揭露推论前提中隐含的客观矛盾，检查推理过程中的漏洞，推动着认识不断前进。在哲学史上，苏格拉底（Sokrates，公元前469-399）用反驳方法阐明自己的哲学观点㉞，在自然科学史

上，伽里略用归谬法揭露了亚里士多德关于重物比轻物先落地的观点的错误㉟。

在各门科学理论的发展中，出现各种悖论，乃是科学发展面临突破的预兆，他要求科学家运用逻辑手段深入到原有理论体系的根基，进一步暴露矛盾，动摇原来以为“绝对正确”的理论的基石。原来的科学理论在逻辑上是自洽的，在经验层次与理论层次的关系上是和谐的，逻辑证明与实践检验起双重准则作用。但是由于理论上的进一步研究，或者新的实验事实的出现而产生了悖论，就迫使科学家去重新审查原有理论的基础问题，激发他们从事彻底的科学探索的热情，促进新概念、新理论的诞生。哥德尔(Kurt Godel，1906-1978)的不完备性定理，塔尔斯基关于真理的可定义性定理的证明思想都是直接渊源于对悖论的分析。所以悖论是科学认识飞跃的关节点。

在数学中靠引进新的概念可以解决一些原来的理论无法解决的问题，如引进负数可以解决不够减的问题；$4x=x-2$，没有整数解，但引进分数后可以有解；引进无理数可以解开方开不尽的问题；$x^2-2x+2=0$，没有实数解，但引进复数后可以有解。就语义悖论来讲添上后设语言也可以解除。在数理逻辑中罗素创立了支类型论，将命题分成不同的阶，某个阶的理论所涉及的客体限于某一领域（如n阶），这样就使“所有命题”、“所有谓词”属于高出一阶的领域（如$n+1$阶）从而部分地解决了语义悖论问题。哥德尔则提出应区分真实性和可证性，他改造了说谎者悖论，构造出一种不可判断的命题，这种不可判断命题类似悖论而又避免了悖论。塔尔斯基则又进一步提出“语言层次”理论，如把语言分做日常用的自然语，科学理论用语，人工语言（符号、表达式等形式化语言）等不同层次。规定某一层次的语言，不能在自身中讨论它的表达式的意义或真假，这类问题的讨论，要在高一层次的语言中才能进行。

波尔兹曼佯谬在经典力学范围是佯谬，而在量子力学的范围就可以得到正常的解释，

当然，悖论问题不是那么容易解决的，但在寻找解决的过程中，能推动人类认识的发展，甚至推动人们进入完全新的认识领域，如数学基础中发现的悖论。

由于罗素悖论不仅不触及数学基础理论，而且也触及逻辑理论本身（因为用逻辑的术语来代替集合论中的术语，罗素悖论就可以在最基本的逻逻辑形式中得出），因而推动了西方哲学界、逻辑学界和数学界对自身问题的研究。为了排除数学中出现的悖论和使数学能奠定在一个牢固的基础上，在数学基础研究中因而形成了一些学派，如以罗素和怀特海(Alfred North Whitehead, 1861-?)为代表的逻辑主义；以希尔伯特(David Hilbert, 1863-1947)为代表的形式主义；以布劳维和海丁 (Arend Hegting)为代表的直觉主义等。悖论的发现促使各个学派从各方面对数学基础开展了大量的研究工作，从而给数学和逻辑学的发展带来积极的、十分有意义的成果，可以说数学中内在悖论的存在，是数学得以发展的一个重要因素。

罗素为了消除悖论，提出“不管一个集合的所有元素包含什么，它自身一定不能作为该集合的一个原素”，从而使数学基础的精确性前进了一大步。直觉主义派把认识的“对象”限制在有穷的集合或“有穷可构造”的客体，为我们通过有限的分析去推断无限，提供了积极的成果。形式主义学派，应用了逻辑思维中的类比和模型等方法，研究形式系统的相容性，使简单的形式系统的相容性得到了绝对的确立。他们的成绩应该是肯定的。但是从根本上来说，这三派学者的思路都不可能解决悖论问题，因为逻辑主义派把数学归结为逻辑是错误的，纯粹由逻辑出发不可能推出全部数学来；以直觉主义为基础，就把数学的研究对象看作纯粹是心智的构造物，显然也是错误的；哥德尔也证明数学的真

理性不可能通过形式系统的相容性来得到证明，相容性仍然是相对的。只有按照辩证逻辑的思维方法正确认识悖论这一思维形式，并按照辩证逻辑的思维规律和方法来加以运用，才可能真正认识悖论、运用悖论和部分解决数学及其他学科中的悖论问题。才可能正确理解和运用悖论这一辩证思维的形式来推动科学研究工作的开展。悖论问题是个正确认识和运用的问题，而不是设法避免或消除的问题。

四、理论

这里讲的理论是指辩证思维的一种思维形式、最高的思维形式而言。这种思维形式从认识的发展过程来看是理性认识的一个阶段的终结和新的、进一步的认识的起点的统一，从其包含的内容来看则是理性思维发展中的否定性和继承性的统一，是认识中经历了扬弃过程的结果。

1. 作为辩证思维形式的理论

人们在科学研究中，总是通过各种办法去探索未知的客观规律，并在此基础上形成科学的理论；而任何一种理论，又只能是相对完成的东西，它还要继续向前发展。科学理论作为一个系统化的逻辑体系，归根到底是客观事物历史发展过程在人类认识发展过程中的反映；而每一个具体的科学理论就是这个过程中的一个环节，一个阶段性的总结。辩证逻辑的范畴体系是以存在为开端，以具体事物为结果。其实开端与结果在现实中是一个东西，存在是具体事物的抽象概括，具体事物是存在具体化的结果。存在是辩证思维开始把握的具体事物，具体事物的一部分。具体事物是辩证思维已经把握了的存在，存在的整体。理论这种辩证思维的形式就是以理性去把握具体事物达到具体思维的一种形式。具体之所以具体是因为它是若干抽象规定的综合，是丰富的

多样的，与一般性直接相联系的；但具体之所以成为具体，又有其与诸一般性不同的特殊表现。思维中的具体还必须把握具体事物的个体性，它是抽象与具体的统一、共性与个性的统一。这种思维具体的思维内容所采取的思维形式就是理论。

人类的认识总是经历着由模糊的观念前进到清晰的概念、由粗疏的描述深化到精确的定义、由比较狭窄的范围扩展到更为广阔的领域的过程；它是一个从有限发展到无限，从特殊到一般，从比较一般到更为一般的发展过程，而每一阶段发展过程的终结，必然以理论这种思维形式出现。

任何一种理论都是一种相对封闭的知识体系，这种知识体系严格地提出和解决某些课题，并拥有自己的语言和使用该语言术语的某些特殊规则。但是任何一种理论倘若只使用它自己的语言的话，那它就无法被人理解。所以一个知识体系除了运用该知识专门领域内的概念、范畴以外，还必须运用人类思维普遍适用的逻辑范畴，要运用逻辑范畴来思考问题、表达问题。理论这种思维形式，就是一个相对封闭的知识体系的顶点的表达形式。

理论这个思维环节为我们提供研究对象的观念，并且是我们在实践中能够获得此对象的先决条件，甚至可以为我们在研究工作中如何获得所需对象提供方法。

正确运用理论这个思维环节，就能在科学研究工作中作出假说，弄清楚科学发展的规律性和进行创造工程的训练。

2. 假说

假说是理论这种思维形式在自然科学研究中的一种具体运用，一种重要的具体运用。假说是对所研究的问题的一个初步想法，从思维形式来讲它是理论，正因为它是理论这种思维形式，它还要发展，而且是按照假说的内容和目的，有选择有目的地继续进行观察、实验和进行理论上的探索。

假说是自然科学研究中广泛应用的一种方法；它是根据已知

的科学原理和科学事实，对未知的自然现象及其规律性所作出的一种假定性的说明。因此任何一种科学假设都不是毫无事实根据的臆测或迷信，也不是缺乏科学论证的简单的猜测或幻想；而是建立在一定的实验材料和经验事实的基础上，并经过了一定的科学论证的。当然作为假说，即使是科学的假说也有一定的推测的性质，也就是它的基本思想和主要部分是根据已知的科学知识和科学事实推想出来的，但它是否把握了客观真理，还有待于实践的证实。

例如康德关于太阳系起源的星云假说，首先是受到瑞典学者斯维登堡(1688-1772)的《自然的法则》和英国天文学家赖特(1711-1786)的《宇宙理论》的启发。康德说：是赖特"首先启发了我不把恒星看作是杂乱无章的东西，而是把它们看作与行星系很相似的一个系统，以致正如在行星系中行星的分布十分接近于一个共同的平面那样，恒星分布的位置也尽可能接近于某一个设想为通过整个空间的平面，并且由于恒星密布在这平面上而使它看来像一条发光的带，这条带人们就叫作银河"。㉟其次，当时的望远镜观测到几十个云雾状的天体，由于距离较远，倍数较低的望远镜分辨不清而笼统地都叫做"星云"。再次，康德运用已知的牛顿力学的科学理论，把太阳系的形成看作是一个统一的过程，较好地解释了太阳系的共面性（太阳、行星和卫星差不多处在一个平面上）和同向性（行星、卫星的公转和自转的方向基本相同）等观察事实。因此康德的星云假说是有一定的观察材料作基础和有一定的科学论证的，是一种带有科学性的推测。但是，太阳、行星等是从一个统一的原始星云中演化出来的这一基本思想，却并未得到观察事实的实际证明，因此还是一个推测性的假释，所以说康德的星云说是一种假说。

康德的星云说，在逻辑的思维形式上运用了理论这一环节，并从而提出行星有其起源和发展过程，而整个宇宙是无限的是一

种阶梯式结构。这样就给形而上学世界观的统治打破了第一个缺口，为从形而上学复归到辩证法奠定了第一块基石。

假说在科学研究中具有重要作用，法国数学家彭加勒(Henri Poincare, 1854-1912)说："人们试略加思索，就可知假说在科学中所占的位置；人们已知算学家舍此莫由，而实验家亦复如是。"㊱

假说在研究数学理论（纯数学）时，是不可或缺的，因为数学一定要在理想的条件下考虑问题，因此往往要将前提简化，而经过极度抽象、简化而得到的前提，实际上都是一种假设，由此推得的结论也又能是一种假说。在数学的研究工作中，还有这样一种情况，有些前提并非直接从现实世界抽象得来，而只是一种逻辑分析的结果。例如非欧几何是用与欧氏平行公设相反的命题的假设条件代替欧氏平行公设并经过逻辑推论而建立起来的。这种几何学从逻辑推导中找不出什么毛病，然而这样的假设的前提是否反映了现实世界的空间形式这个问题，却是逻辑本身不能证明的。就连罗巴切夫斯基(Николай Иванович Лобачевский, 1792-1856)本人也谨慎地称它为"虚拟的几何学"，并设想用观测大范围的三颗恒星之间三角形内角和是否小于180°的办法来检验自己的理论。所以当罗巴切夫斯基于1826年在喀山大学第一次公开提出非欧几何的学说时，这种学说也还是一种假说。不仅在数学中是这样，在其他学科的发展中假说也起着重要的作用。假说是建立和发展科学理论的桥梁。科学理论是对自然界客观规律的正确认识。但是由于受到各种条件的限制，人们不可能一下子达到对客观规律的真理性的认识，而往往要借助于假说这种逻辑思维方法和研究方法，运用已知的科学原理和事实去探索未知的客观规律，不断地积累实验材料，增加假说中的科学性的内容，减少假定性的成分，逐步建立起正确反映客观规律的科学理论。随着实践的发展，又会出现原先的理论所不能解释的新现象，这

就需要提出新的假说，建立新的理论。自然科学就是沿着假说这种理论形式的不断完善和更新的途径而愈发展愈丰富，愈发展愈接近真理的。所以恩格斯说："只要自然科学在思维着，它的发展形式就是假说。一个新的事实被观察到了，它使得过去用来说明和它同类的事实的方式不中用了。从这一瞬间起，就需要新的说明方式了——它最初仅仅以有限数量的事实和观察为基础。进一步的观察材料会使这些假说纯化，取消一些，修正一些，直到最后纯粹地构成定律，如果要等待构成定律的材料纯粹化起来，那末这就是在此以前要把运用思维的研究停下来，而定律也就永远不会出现。"㊳整个科学史，例如天文学上的从托勒密(Claudius Ptolemaeus,约90-168)的地心说到哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473-1543)的日心说，物理学上从德谟克利特(Democritus,前460-370)的原子说，到道尔顿(John Dalton, 1766-1844)的原子论再到玻尔(Niels Henrik David Bohr, 1885-1962)和卢瑟福(Ernesf Rutherford, 1871-1937)的原子结构的假说等都说明科学史是一部科学假说发展史。从逻辑上来讲科学史是理论这种思维形式的运动发展史。

当然，有时也有这样的情况，假说一个接着一个，但始终未能解决问题。如关于太阳系的起源问题，在康德提出星云说后，1919年左右秦斯(James Hopwood Jeans, 1877-1946)提出碰撞假说，列脱敦(Lyttleton)提出双星假说，都因与后来的观察事实不符合而失败；近代施米特(О. Ю. Шмидт, 1891-1956)提出俘获假说，虽然比过去的各种假说能解释更多的现象，但仍有许多困难问题未能解决，因而不为天文学界所普遍接受。但是不管怎样，假说还是起作用的，从科学研究的方法论来讲，充分运用辩证思维的理论这一环节是推动科学研究工作前进所不可缺少的。

3. 理论这种思维形式在认识科学发展规律中的作用

科学总是以哲学思辨作为自己的前哨，爱因斯坦说："只有

大胆的思辨而不是经验的堆积，才能使我们进步。”㊴科学的发展从总体来说依赖于实践，实践是认识的基础、动力、是否具有真理性的检验标准和目的，“实践的观点是辩证唯物论之第一的和基本的观点。”㊵（关于实践在辩证逻辑中的地位和作用，我们将在第六章中加以阐述。）但是科学的发展除了依赖实践、为实践所推动的一面以外，还有依靠科学认识的继承性和科学理论内在结构本身独立发展的一面。后一方面的作用除了该门科学本身在理论上的必要的积累以外，主要依靠理性思维、依靠逻辑、依靠对思维形式的把握和运用。理论这种辩证思维的形式，在科学发展中就起着重要的方法论的指导意义。

近代西方科学哲学中的两个主要流派（即以波普尔（Karl Popper,1902—)为代表的批判理性主义和以库恩(Thomas S. Kuhn, 1922—)为代表的历史学派关于科学史发展的论述中，都有一些合乎辩证逻辑思想的合理内容，可以看作是对理论这种辩证思维形式的具体运用。（我们这里不论述这两个学派关于科学认识发展的观点中的有缺点和错误的部分。）

波普尔从批判地继承维也纳学派的逻辑实证主义出发，对科学认识的发展提出了一些比较深刻的见解。波普尔强调理性的作用，提出世界3的理论，这是以近代科学的蓬勃发展为背景而提出的强调物质世界(世界1)和精神世界（世界2）以外的人类精神产物（世界3）的作用的观点。按照波普尔的观点，人们被一座泥塑雕象所吸引，并从中得到到美的享受，不是因为它是物质的东西（一堆泥巴),而是因为它体现了世界3的作用（如和谐的线条，刚毅勇敢的气慨等）。因此，在科学发展史上就要重视科学理论的继承作用，他否定归纳法在认识中的作用，认为从经验的归纳中不可能产生任何科学知识，对科学的发展只有假说、想象和理论思维才能起作用。波普尔又提出“证伪主义”（Falsificatiohism)，认为科学假说是不能达到的，仅是一种诱导思想发

展的形式，一个科学家提出和试验一个假说的目的，是要进行证伪，通过证伪而得到真实。理论的作用不在于它的正确性，而在于它的可证伪性。可证伪性原理具有相当大的方法论价值，因为它可以划定理论的使用范围，从而相当严密地规定理论的相对真理性质；可以起到校正作用，对以往知识的普适性加以限制，同时还能说明某一理论所具有的即部分普适性的条件。与归纳主义把科学看成是连续前进发展的观点相反，波普尔把科学看成是间断的、不断否定的过程。波普尔认为科学从来不是，也永远不可能是完备的知识系统，它总是有待于改进和完善的活的机体。波普尔把科学发展过程归结为这样一个四段模式： $P_1 \rightarrow TT \rightarrow EE \rightarrow P_2$（问题 1 →试探性理论→消除错误→问题 2）。波普尔的科学革命的思想，是认为科学的发展是依靠“猜想和反驳”，亦即不断提出试探性猜想，然后经过实践的检验、修改或推翻原来的猜想，以便提出更好的猜想。

历史学派的库恩于1962年发表了《科学革命的结构》一书。他认为“一种规范经过革命向另一规范逐步过渡，正是成熟科学的通常发展模式。”㊶库恩认为科学并不是象教科书所描述的那样，是知识长期积累的结果；科学是不时被学术上剧烈的革命所打断的一系列和平间歇，在这些间歇期，科学家们受“规范”(Paradigm)的一组理论、准则和方法所支配。库恩的“科学革命”思想的主要内容有二：一个是“科学规范”，一个是历史地、动态地考察科学的发展。关于“科学规范”，库恩的意思是指在一定历史时期中，科学家集团所共同具有的科学理论和科学方法的总依据或总基础。它包括定律、理论、模式、标准、准则、方法等，其中有些是成文的，有些则是大家默认的，所以，它是一种科学家集团的某种共同的“信念”或“约定”，而不是客观规律的反映。库恩认为传统的科学哲学都是静态地分析研究“横断面”，这方法不对，应该动态地、历史地研究科学的发展和变

化。库恩的科学发展图式是：

前科学→常规科学（形成规范）→反常和危机→科学革命（形成新的规范）→新的常规科学→……

所谓前科学时期，是指对该学科的认识还处于众说纷云、莫衷一是、不成系统的阶段。后来随着科学知识的发展，在式各样的学说争论中，逐渐形成一种当时科学家集团普遍公认的系统理论，科学发展也就进入常规科学阶段。这时科学家集团在"科学规范"的指导下，能够顺利地解决科学领域中的各种理论问题和实际问题，当遇到无法解决的难题时，总被看成是一种"反常"，而不是"科学规范"有错误。但是随着科学的发展、新的科学发现的大量涌现，"反常"现象愈来愈多，规范千疮百孔，原来的理论体系从根本上发生动摆，这样，科学发展就进入了危机阶段。由于科学危机的深化，在科学家集团中的根本分歧日益激化，以至某些科学家，毅然抛弃了旧规范、旧学说，建立新规范、新学说。最后，导致新学派战胜了旧学派，使科学家集团中大多数人都转到新规范方面来，只留下少数人持不同意见。这样，科学发展就进入科学革命阶段。在科学革命阶段中，新规范逐步完全取代旧规范，因而又成为新的普遍公认的系统理论，科学发展就进入又一个新的常规科学阶段，然后再按原来的顺序循环往复以至无穷。

同属历史学派的拉卡托斯(Zmre Lakatos，1922-1974)提出研究纲领的方法论（Methodology of Research Programme)。拉卡托斯认为科学是不断发展的，科学理论对它的未来的研究起着纲领性的指导作用、启发作用，所以叫作研究纲领。拉卡托斯认为科学理论（包括假说）是一个有结构的复杂的综合体。它由硬核(hard core)和围绕着核心的保护带(protective belt)组成，硬核是理论的核心部分，是研究纲领的基本假定，由基本的假设构成，是研究纲领今后继续发展的基础。保护带是理论的外围部分，由众多的辅助性假设和始初条件等构成，它们起着保护硬核

使之不受证伪的作用。例如哥白尼学说的硬核是地球的公转和自转，牛顿力学的硬核是运动三定律和万有引力定律。当研究纲领与观察材料有矛盾时，不是硬核有问题，而是保护带有问题，可以增加或修改保护带中的成分。甚至也可以发展另外一些假说来补充硬核，但是决不能改变硬核。如果要改变硬核那就是放弃理论本身，放弃这个研究纲领了。如哥白尼认为行星的轨道是圆形的，添加了许多车轮，后来观察到行星的运行与哥白尼的研究纲领所预见的不相符合，就可以用改变车轮来保护硬核。因此拉卡托斯认为一次实验的证伪不足以拼弃某个学说，而且在科学研究纲领的发展过程中证实比证伪具有更重要的意义。一个研究纲领至少应该间断地、有成就地作出其结果可被证实的预见，才能站住脚。当法国天文学家勒威耶(Urbain Joan Joseph Leverrier, 1811-1877)和英国天文学家亚当斯(John Couh Adams, 1819-1892）同时独立地运用天体力学理论推算出海王星的位置，后来又经德国天文学家伽勒(Johann Gottfried Gvlle,1812-1910)用望远镜发现了它时，当卡文迪什(Henry Cavendish,1731-1810)在实验室验证万有引力定律时，牛顿的研究纲领取得了极大的成功。这类成功标志着这个纲领是进步的。反之，托勒密天文学在整个世纪不能预见新的现象，它就逐渐成为一种退化的纲领；退化的或停滞的纲领是理论内容的增长落后于经验内容增长的纲领，亦即它不能作出后来为经验证实的预见，只能事后解释它未能预料到的发现或与它竟争的纲领所预见到的新现象。当进步的纲领代替退化的纲领时，科学革命就到来了；如托勒密的地心说让位于哥白尼的日心说，牛顿力学让位于爱因斯坦的相对论。在研究纲领内部，一个理论也只能被另一个更好的理论淘汰，所谓更好是指它的经验内容比它以前的理论要多。因此，在拉卡托斯看来，一个理论被另一个更好的理论代替不一定是波普尔所说的原来的理论被证伪的情况。

不管是波普尔的“科学革命”、库恩的“科学规范”还是拉卡托斯的“科学纲领”，从思维形式来讲都是辩证思维所独有的形式“理论”的具体化。指导、引导科学发展的重要环节。不管用哪一种名词，从思维形式方面来说都是“理论”，只有“理论”这种思维形式，才能构成科学发展的环节和阶段性的理论总结。只有把握了这种思维形式才可能正确分析科学发展的途程，和总结出相应的规律。

关于科学哲学的研究后来又有以劳登(Larry Laudan,1941-)和夏佩尔(Dudley Shapere, 1928—)为代表的新历史主义学派出现。夏佩尔理论体系的中心问题是科学发展的理论问题，这个体系中，核心概念是“信息域”(Domain of Information)，这是他提出的新概念（用我们的话来说，就是理论这种辩证思维的形式），他用这个概念来说明科学的发现和发展是理性的，以说明科学的本质。夏佩尔认为在科学研究中，一系列信息逐渐集合成为一个信息域，所谓信息域是这样一种信息体，它能满足这样四个要求：一、构成信息域的各个信息项之间具有某种联系；二、如此联系着的信息域蕴含着某个问题；三、这个问题是很重要的；四，当前的科学技术水平已有可能解决这个问题。可见信息域类似于我们常说的科学研究领域。夏佩尔正是通过“信息域”概念，来说明科学是如何通过（事实的、理论的）科学信息之间相互联系而形成一定的科学研究领域，并根据研究领域自身的内在因素提出问题，提出有希望的研究路线，以及对问题的解答。从而说明科学发现、发展的合理性。

夏佩尔认为，要承认科学发现是理性的，就必须承认科学的发现在方法论上具有一定普遍性，科学发现应有一定的推理模式。在多种多样的推理模式中，最重要的两种：“结构性推理模式”(compositional reasoning pattern)和“演化性推理模式”(evolutionary reasoning pattern)。结构性推理模式（主要是

周期性的与非周期性的两种）是指某一“信息域”提出的问题启发我们从结构（横断面）方面，特别是从深一层的物质结构中去寻找问题的答案。例如19世纪科学家们对光谱分析和声学方面提出的问题和研究成果，利用结构性推理模型提出原子振动的理论，并为后来的实验所证实。演化性推理模式是启发人们从时间（纵断面）上去研究事物的各构成因素的前后相互关系，即启发人们去研究组成信息的个体的时间发展的推理模式。例如19世纪中叶以后的物种进化理论，19世纪末20世纪初的天体光谱分类、化学元素演化等理论的提出都是用的这种推理模型。

总之，不管是哪一种学派的科学哲学，都表明辩证逻辑的“理论”这种思维形式在认识科学发展规律中起着重大的作用。

4. 理论这种思维形式在创造工程中的作用

创造性是科学研究最根本的特点，如果没有创造性和探索性，也就不成其为科学研究。研究科学研究的方法、方法论也是要立足于如何进行探索以达到创造。辩证逻辑的方法论意义，也要以此作为检查准则。在提高人们的思维能力方面，创造工程学有其特殊的作用。

创造工程是近代开创的一门颇富生命力的新兴工程科学。创造工程是以科学的理论和方法为基础，运用工程技术的方法来从事创造发明，它包括：确立创造目标的设想，启发和提供创造性设想，实现创造性设想三个阶段。

创造工程起源于美国通用电气公司，该公司于1936年开设“创造工程课”以提高职工的创造能力。从四十年代起，创造工程学在国际范围内成为研究项目。美国的一些著名大学与研究机构，诸如哈佛大学、麻省理工学院、加里福尼亚大学、兰德公司等，都相继开设了各种创造工程的训练课程。日本从1955年起开始在大学里设置了训练创造能力的课程，并陆续成立研究机构，取得了不少成就。第二次界积大战后，创造发明已经成了一

个国家经济增长的主要手段。

目前，国际上盛行的、行之有效的创造发明方法有三种类型：扩散型发现方法，综合集中发明方法和创造素质培养方法。具体的方法不下一二百种，常用的也有十几种。例如智力激励法，分析比较法，特性列举法，缺点列举法，希望点列举法，检核表法，情报整理法，等值变换法等。

创造工程这门学问，是通过剖析中外古今的重大创造发明事例，研究发明家的创造性思维过程，总结出他们自觉或不自觉地运用的创造工程原理的科学。创造工程学的基本出发点是：同一时代的正常人的天赋创造能力，并没有太大的差异，但是每个人的创造力确可因后天受到的教育、环境等的不同，而出现较大的差异，相当多人的创造能力在其成长过程中是在衰退。创造工程的目的是通过创造工程理论和方法的指导，使人们能重新发现和恢复自己的创造力。

要提高和恢复人们的创造力，也就是要提高人们的思维能力。而正确理解和运用理论这种思维形式的能力是一个重要环节。

总之，研究辩证逻辑所特有的三种思维形式具有重要意义。概念、范畴的运动和发展是辩证逻辑的主要内容，它指导人们按照一定的理论形式去有效地揭示辩证地存在和发展的外部世界的规律，辩证逻辑的思维形式要体现认识的深化运动，它从反映客观真理的程度如何着眼，研究各种判断和推理形式在认识中的地位和价值，研究人类理性思维从范畴出发经过演绎得出命题，再与新的具体实践经验相结合进一步揭示矛盾，产生悖论；再经过知识的校订证实、或证伪，达到理论这个结论和新的认识起点相统一的否定之否定的形式。辩证逻辑研究辩证思维特有的思维形式，也就是研究从抽象到具体的思维过程中各个环节的思维形式。当然辩证逻辑除了研究思维形式以外，还要研究保证这些形式的运用，能够达到真理性的认识所必须遵循的思维规律和逻辑

方法。关于辩证逻辑的思维规律和逻辑方法，我们将分别在第四章和第五章中来进行探讨。

注：

①贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社 1981 年版，第 407 页。

②《列宁全集》第38卷，第 194 页。

③亚里士多德：《分析后篇》，《古希腊罗马哲学》，三联书店1961年版，第 298 页。

④康德：《纯粹理性批判》，三联书店1957年版，第136、135页。

⑤康德：《纯粹理性批判》，《18世纪—19世纪初德国古典哲学》第 30 页。

⑥黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第 120 页。

⑦同⑥，第80页。

⑧同②，第90页。

⑨恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第238-239 页。

⑩李志才：《辩证逻辑的对象和体系》；赵总宽：《略论辩证逻辑的范畴体系》；高清海主编：《马克思主义哲学大纲》；黄楠森：《从列宁的哲学笔记看哲学体系》。

⑪维纳：《控制论》，科学出版社1962年版，第12页。

⑫同⑪，第 15-16 页。

⑬黑格尔：《哲学史讲演录》第 2 卷，商务印书馆1981年版，第 121 页。

⑭同⑬，第 1 卷，第 295 页。

⑮黑格尔：《逻辑学》上卷，商务印书馆1977年版，第71页。

⑯同⑥，第 197 页。

⑰同②，第 104 页。

⑱亚里士多德：《形而上学》，商务印书馆 1981 年版，第 216 页。

⑲同⑱，第63页。

⑳同④，第 330,334,340,345-360 页。

㉑张家龙：《论语义悖论》，《哲学研究》1981年第 8 期，

第 60-61 页。

㉒转引自莫里斯·克莱因：《数学基础》，《自然杂志》，1979年第4期，第230页。

㉓A. N. Whitehead, B. Russell: «The Prineiples of Mathematics» 1935, Vol. 1, p. 60.

㉔V. F. 韦斯科夫：《20世纪物理学》，科学出版社1979年版，第34-35页。

㉕B. 霍夫曼：《量子史话》，科学出版社1979年版，第245-248页。

㉖黑格尔《哲学史讲演录，第1卷，商务印书馆1981年版，第127页。

㉗同㉖，第282-283页。

㉘同②，第119页。

㉙同⑥，第132页。

㉚同⑥，第132页。

㉛同⑱，第67页。

㉜海森堡：《物理学与哲学——现代科学中的革命》，科学出版社，第120页。

㉝N. 马赫：《论思想实验》，《外国哲学资料》第三辑，商务印书馆1977年版，第158页。

㉞同⑬，第52-62页。

㉟斯蒂芬．F．梅森：《自然科学史》，上海人民出版社1977年版，第144页。

㊱康德：《宇宙发展史概论》，上海人民出版社1972年版，第18-19页。

㊲彭加勒：《科学与假设》，商务印书馆旧版，第2页。

㊳同⑨，第218页。

㊴爱因斯坦：《要大胆思维，不要经验埋积》，《爱因斯坦文集》第3卷，商务印书馆1979年版，第496页。

㊵毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第1卷，人民出版社1952年版，第273页。

㊵库恩：《科学革命的结构》，上海科学技术出版社，1980年版，第10页。

第四章　辩证逻辑的思维规律

第一节　辩证思维有其独有的规律

辩证逻辑作为一门独立的逻辑科学，也与其他任何独立的科学部门一样，有自己独有的规律和规则。

规律是指事物发展过程中的本质联系和必然趋势。辩证逻辑的规律就是辩证思维发展过程中的本质联系和必然趋势。辩证逻辑规律作为思维规律，它又是物质运动规律和信号转换规律的反映和概括。

在牛顿以前，自然科学不用规律一词，而用理性、目的性这类名称，对自然界的规律则用定律、定理等名词来表述，有些科学家还批评牛顿用规律一词是不确当的，因为用规律就加上了主观成分。其实，作为科学规律来讲，由于它是人类科学认识的总结，因而不免带有一定的主观性，但它毕竟还是近似地反映了客观事物的本质联系和必然趋势的。

恩格斯不止一次地强调了思维规律和存在规律的一致性，他说："思维规律和自然规律如此密切地相适合"，这两类规律都是一样的，"我们最多只能在观念中而不能在现实中把它们相互分开。"①"这两系列的规律在本质上是同一的"，是指：一方面思维的发展是同具有特殊机能的物质(人脑)的发展相一致的，思维是人脑的产物，归根到底也是自然界的产物，因而与自然界的其他联系是不矛盾的，是相适应的。另一方面，思维规律也是存在规律在人脑中的反映，它们在本质上是同一的。我们强调两

种规律在本质上是同一的，是因为有些人认为思维规律是主观自生或思辨的结果。当然这不等于说两种规律完全是同一的，它们的表现是不同的。所谓表现上是不同的，是指：第一，思维规律与存在规律是不同领域里的规律。第二，思维规律是存在规律的反映，但这种反映是一种近似的反映。第三，思维规律与存在规律起作用的方式不同，思维规律能在反思过程中以比较纯粹的方式发生作用。

还有人认为辩证逻辑的规律就是辩证法的规律，作为思维领域、特别是辩证思维领域里的规律当然要受自然界、社会、思维这三个领域的共同规律——辩证法规律的指导和约束。但除了三个领域的共同规律外，必然还有各自的特殊规律。共性寓于个性，离开了个性共性是根本不存在的。恩格斯在《反杜林论》一书中，运用大麦粒从发芽到结了实的植株逐渐死亡的过程来阐述否定之否定规律以后，强调了“我是用这一运动来概括所有这些过程，正因为如此，我没有去注意每个别的特殊过程的特点”，“仅仅知道大麦植株和微积分属于否定之否定，既不能把大麦种好，也不能进行微分和积分，正如仅知道靠弦的长短粗细来定音的规律还不能演奏提琴一样。”③满足于共性，满足于辩证法的一般规律，而不研究思维领域的特殊规律，显然是错误的，马克思曾批评过这种以对事物的一般特殊性的研究代替对事物的特殊本质的研究方法，指出：“用这种方法是得不到内容特别丰富的规定的。如果有一位矿物学家，他的全部学问仅限于说一切矿物实际上都是‘矿物’，那末这位矿物学家不过是他自己想像中的矿物学家而已。这位思辨的矿物学家看到任何一种矿物都说这是‘矿物’，而他的学问就是天下有多少种矿物就说多少遍‘矿物’这个词。”④所以辩证逻辑的规律必须是对于辩证的思维形式与辩证思维的逻辑方法的特点的概括与总结。这样，辩证的思维规律才不会是空泛地等同于辩证法的一般规律。如果只有事物本身的辩

证法这个一般方法论而没有直接规范人的思维使之严格符合辩证法的逻辑规律，那就如同只知道一场战争本身的规律和特点，而不知道如何打赢这场战争的正确战略策略一样。

作为思维规律的逻辑当然有其特殊性，它不可能与客观外部物质世界的规律完全一样，否则主观和客观，认识主体和认识对象就没有区别了。此外，同样是思维规律，在认识过程、思维活动发展的不同阶段也不一样。辩证逻辑的规律所概括的不是感性阶段认识的规律，甚至也不是理性认识的悟性阶段认识的规律，而是在概括整个认识过程的基础上，主要去概括理性认识的理性阶段的思维活动规律。所以它与形式逻辑的规律又是有区别的，有其特殊性。辩证逻辑的规律应该是概括了辩证思维的实质和特殊性，反映辩证思维领域所特有的规律的规律。

作为辩证逻辑的规律不是指辩证法的普遍规律，这些普遍规律是贯彻于任何辩证思维的过程，但它又不是辩证思维所特有的。辩证逻辑的规律包含着这样的两部分规律：一部分是为辩证思维所特有，但并不贯穿于任何辩证思维过程的始终，这就是辩证逻辑的一般思维规律；另一部分是不仅为辩证思维过程所特有，并且贯穿于任何辩证思维过程的始终，这就是辩证逻辑的基本思维规律。

注：

①恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第32、111页

②恩格斯：《路德维希·费尔巴哈与德国古典哲学的终结》，《马克思恩格斯选集》第4卷，第239页。

③同①，第139-140页。

④马克思：《神圣家族》，《马克思恩格斯全集》第2卷，第72页。

第二节　对形式逻辑规律的辩证理解和运用

一、形式逻辑的基本规律

形式逻辑要求我们在思维过程中，做到概念明确、判断恰当、推理有逻辑性和论证有说服力。要达到这目的，除了对概念、判断、推理等思维形式各有其必须遵守的特有的、具体的规定、规则外，还有一些对所有的思维形式都必须遵守的规律。后者就是形式逻辑的基本规律，包括：同一律，矛盾律，排中律和充足理由律四条。

1. 同一律

同一律的公式是：A是A。意思是我们在同一个思维过程中，我们的思想必须具有确定性和前后保持同一；否则的话，就会出现混乱，既不能正确地反映客观对象，也不能进行正确的判断和推理。所以，在说话、写文章或在科学著述中，都必须遵守同一律的要求。因为现实存在的事物是与自身同一的，因此与之相适应的概念、判断和命题也必须与自身是同一的。同一律的客观根据即反映与事实的"抽象同一性"。

违反同一律的要求，就会犯混淆概念或偷换概念的逻辑错误，就会犯离题或偷换论题的逻辑错误。

当然，同一律关于"A是A"的要求，并不是说事物永远保持同一。它只是要求我们在同一个思维过程中，就同一时间、同一方面来说，同一事物具有某属性就具有某属性；而并非要求我们的思想、概念始终保持固定不变的内容。

2. 矛盾律

"矛盾律"严格地说应该是"不矛盾律"。矛盾律的公式是：

不能既是A又不是A。

亚里士多德把不矛盾原理（他称之为矛盾原理 principium contradictionis）看成是公理，是毋庸置疑的原理，并把它看作思维规律。亚里士多德的主要目的在于驳斥诡辩论者的相对主义和主观主义，他的论辩锋芒主要是指向赫拉克利特和诡辩论者的。亚里士多德的观点是以存在的不变性、恒定性为前提的。不矛盾原理的主要目的就在于论证这种观点。亚里士多德认为存在物还有一种实体，这种实体是不发生任何变化的；而真理之所以不变，就是因为它属于这种不变之物。“探索真理必以保持常态而不受变改之事物为始。这些当以诸天体为最宜；列宿千古无恙，昨今相同，不参加变化，也不会一刻这样，一刻又那样。”①

矛盾律要求人们的思想不能自相矛盾，例如在同一思维过程中，一个概念不能既反映客观事物的某种属性，又不反映这种属性，一个判断不能断定某事物有某种属性，又断定这事物没有这种属性等。也就是说人们的思想、论断必须首尾一贯，前后一致，不能同时对两个互相反对的或互相矛盾的判断都肯定为真。

关于“矛盾”的出处，前面我们已提到过，即《韩非子》中的一个寓言。这个寓言典型地说明了同时断定两个互相反对的或互相矛盾的判断为真，就要形成自相矛盾的逻辑矛盾。

违反了不矛盾规律的要求，就会犯自相矛盾的逻辑错误。一种议论、论证，一篇文章或任何科学著述，如果包含有自相矛盾的逻辑错误，就失掉了逻辑性、科学性和说服力，从而不能成立。

矛盾律和同一律一样，是就同一时间和同一方面来说，同一事物不能既具有某种属性又不具有某种属性。但在不同时间、不同的方面和不同的条件下，对同一对象作出两个相反的或互相矛盾的判断，并不违反矛盾律的要求。

3．排中律

排中律的公式是：或者是A或者不是A。意思是我们在同一

思维过程中，一个概念或者反映某种属性或者不反映某种属性，二者必居某一；对于一对矛盾判断不能同时都加以否定，即不能两不可，必须肯定一个。对此柏拉图提出过这样的命题：一个人不可能既是健康的又是有病的。

粗看起来，排中律好象就是矛盾律的进一步解释，它并不包含比矛盾律更多的新东西；但仔细推敲起来，排中律比矛盾律更详细、更具体，更便于应用，而且它给矛盾律增添了具有某种理论意义和实践意义的"中间者"这个因素。此外，它还强调了"排除"。按照矛盾律，两个互相矛盾的命题不可能同时都是真的。因此可以得出结论：二者之中不是这个便是那个是真的，而第三种可能是没有的。自从亚里士多德以来，在逻辑学中通常按照空间的类比把这第三种可能性称为"中间者"，所谓排中律就是排除中间者的规律，拉丁文原文是：Principium exclusii tertii sive medii inter duo contradictoria（排除第三者或两个矛盾判断之间的中间者的原理）。

排中律是在矛盾律的基础上建立起来的，但二者还是有区别的：（一）是从两个不同的方面来表示一对矛盾的特点的。矛盾律是说一对矛盾判断不能同真，即不能两可，其中必有一假。排中律是说一对矛盾判断不能同假，即不能两不可，其中必有一真。（如果把两条规律合起来使用，则在一对矛盾判断中，必有一真，也必有一假，没有第三种可能）。(二)作用的范围不同。矛盾律的作用范围宽，它既适用于互相反对的判断，也适用于互相矛盾的判断。排中律适用的范围窄，它只适用于互相矛盾的判断，不适用于互相反对的判断。（三）逻辑错误的性质不同，违反了矛盾律要求的逻辑错误是"自相矛盾"，违反了排中律要求的逻辑错误是"模棱两不可"。

4. 充足理由律

充足理由律的要求是：对任何一个论断来说，只有当它具有

充足理由时，才能被认为是式确的，在逻辑上能够成立的。

第一个表述充足理由律的是莱布尼茨。莱布尼茨把真理分为两种：理性的真理和事实的真理。矛盾律是理性真理的标准，而充足理由律是事实的真理标准。“根据充足理由的原理，我们认为：如果没有一个为什么是这样而不是那样的充足理由，则任何一个现象都不可能是真的或现实的，任何一个论断都不可能是正确的”。莱布尼茨又认为：“为了从数学转向物理学，还需要有一个原理，这就是充足理由的原理……，唯有根据这个原理才能够证明……不依赖于数学的物理学原理，亦即动力学或力的原理。”②莱布尼茨在这里天才地猜测到了形式逻辑的同一律、矛盾律不足以论证认识客观世界的思维。他认为当一个命题实际上有着“理由”的时候，思维就有“理由”把这个命题看做是正确的。

充足理由律要求我们在思维论断时，对任何一个真空的判断都必须进行必要的论证，提出充分的根据来支持它。也就是说思维论断仅仅保持了确定性，前后一贯和无矛盾性，是不够的，还必须有论证性。

充足理由律要求的理由，必须具备两个条件，一是真实的，二是与所要论证的判断有内在的、必然的逻辑联系。

违反了充足理由律的要求就要犯逻辑错误，诸如武断，根据虚假，推不出等。

形式逻辑的基本规律在人们的思维过程中，起到了保证思维的确定性的逻辑作用，它所提供的思维规范是正确思维的必要条件。但是形式逻辑的基本规律与整个形式逻辑一样有其局限性。随着克服形式逻辑的局限性而使逻辑学向辩证逻辑的发展，也就产生辩证逻辑的基本规律。辩证逻辑的基本规律除了保证思维的确定性之外，还要保证思维的灵活性，它也同样提供思维规范来作人们正确思维的必要条件，从而使人们的思维达到确定性和灵

活性的统一，例如在一定条件下承认“非此即彼”，而在另外的条件下，又承认“亦此亦彼”。

二、黑格尔和恩格斯对形式逻辑基本规律的评述和改造

与思维形式一样，在思维规律方面对形式逻辑从辩证法的角度加以评述和改造的首先是黑格尔，而后由恩格斯加以完成。

黑格尔是在论述“同一”、“对立”、“矛盾”和“根据”等范畴时，评论形式逻辑的四条基本规律的。

黑格尔对形式逻辑基本规律的批评是从同一律开始的，他虽然也肯定了同一律的作用，但着重地批评了同一律。黑格尔认为真正的同一是“具体的同一”，即“包含有殊异于其自身”的同一。形式逻辑则承认了“一个错误的假定，认为思想的活动只在于建立抽象的同一。”所谓“抽象的同一”就是把同一“认作排斥一切差别的同一”。黑格尔说：实际上，“没有意识按照同一律思维或想象，没有人按照同一律说话，没有任何种存在依照同一律存在。”③

黑格尔对同一律的批评有错误，他未将形式逻辑与形而上学加以区别，但是他正确地指出了形式逻辑的局限性。他认为形式逻辑的同一律，只能从对象的“抽象同一”中，从对象的静止方面、孤立方面去把握它，而不能从对象的“具体的同一”中去把握它，即是说，不能从其具体性，从其变化、发展和矛盾统一中去把握它。黑格尔认为辩证逻辑（他称之为“玄思逻辑”、理性逻辑）要求“真正的思想定律”必须从对象的“具体同一”中，从对象的变化、发展、矛盾统一中去把握它。

黑格尔认为批评了同一律也就同时批评了矛盾律，因为矛盾律“甲不能同时为甲与非甲”是同一律“甲是甲”的“否定的说法”④。不过，黑格尔在《逻辑学》（即通常所说的“大逻辑”）

中曾对矛盾问题作了专门的论述。黑格尔对矛盾律的批判中的正确因素就是指出了矛盾律的局限性，指出了矛盾律不能把握对象的矛盾统一。黑格尔认为，任何事物都具有一种必然的、内在的矛盾，这种矛盾与形式逻辑所排除的那种“形式的”、“不可能的”矛盾根本不同，这种矛盾比同一性更深刻、更本质，因为同一性只是单纯直接的东西或死的存在的规定性，而矛盾则是一切运动和生命的根源，任何东西只是由于它包含有矛盾，它才能运动、变化。因此认识和把握一个对象，就要觉察到此对象也是由相反的成份构成的具体的统一体。而这个任务只有辩证逻辑才能完成，仅仅运用形式逻辑是完不成的。

黑格尔认为形式逻辑的排中律的要求是不符合事实的，“事实上无论在天上或地上，无论在精神界或自然界，绝没有象知性所坚持的那样“非此即彼”的抽象东西。无论什么可以说得上存在的东西，必定是具体的东西，因而包含着差别和对立于自己本身的东西。”⑤又说：“排中律是进行规定的知性所提出的原则，意在排除矛盾。说甲不是正甲必是负甲；但这话事实上已经说出了一个第三者即甲，它既非正的，亦非负的，它既可设定为正的，亦可设定为负的。譬如，正西指西向六英里，负西指东向六英里，如果正负彼此相消，则六英里的路程或空间，不论有没有对立，仍然保持原来的存在。即就数的单纯的加减或抽象的方向而言，我们也可以说以零为它们的第三者，但不容否认，知性所设定的加减之间的空洞对立，于研究数目、方向等抽象概念时，也有其相当的地位。”⑥

黑格尔对排中律的批评的合理因素在于他指出了排中律不能从矛盾的统一中把握对象，只有辩证逻辑才能从“此”看到“彼”，从一对象的肯定方面看到其否定方面，只有辩证逻辑才能看到对立面必须在共同的基础上才能成立。

黑格尔认为形式逻辑充足理由律最主要的缺点是：形式的理

由无论如何都不会充足。他在举了偷窃财物、士兵临阵脱逃等事例也都有各种据据、理由后说："一方面，任何根据都是充足的，另一方面，没有根据可以说是充足的。因为如上面所说的，这种形式的根据并没有自在自为地规定了的内容，因此并不是自我能动的和自我产生的。象这种自在自为地规定了的，因而自我能动的内容，就是后面即将达到的概念。"⑦黑格尔认为形式的根据或理由是"知性意义的"，而"这种自在自为地规定了的，因而自我能动的"根据或理由（即概念），是理性意义的。前者是形式逻辑的，永远不会充足的，后者是辩证逻辑（黑格尔的唯心主义的辩证逻辑）的，是真正充足的理由。

黑格尔把纯逻辑概念当作充足的理由，虽然具有明显的唯心主义色彩，但也有他的合理的内容。黑格尔看到了一个事实：即世界上任何一个现象总是和其他一切现象处于错综复杂的联系之中。因此寻找一现象产生的充足理由，不能满足于形式逻辑的要求，把它看成是现实现象的因果关系在意识中的表现，而是要到产生该现象的各种联系的总和或整体中去寻找。

总之，黑格尔认为形式逻辑规律所反映的，是事物孤立的、静止的、抽象的方面，是从相互联系、复杂错综、变动不居的现实中，抽取出一个成分或片面(甲)，使其和其他成分或片面（非甲）绝缘，把它（甲）当作一个孤立的、静止的、纯粹的、确定不移的东西来把握。这是一种"知性"思维方式，这在一定的认识范围内和阶段上是适用的。但是形式逻辑毕竟是有局限性的，黑格尔认为，辩证逻辑的特征就是从对象的相互联系中，从其运动、变化、发展中，从其矛盾统一中去把握它。辩证逻辑不满足于形式逻辑仅仅把握住孤立的、静止的片面，它进一步要求把握多样性之有机统一的整体，把握活生生的、变动不居的发展过程。所以只有辩证逻辑才能真正按照对象本来的面目把握住对象，才能把握住具体真理。也因此，黑格尔始终是从具体真理的

观点出发，从整体的观点和矛盾发展的观点出发来评述形式逻辑的基本思维规律和阐述他自己的辩证逻辑的思维规律的观点的。

但是黑格尔关于思维规律的论述是有严重歪曲的，因为黑格尔论述这些规律时是根据他的思想体系的需要，根据他所说“绝对观念”发展的需要构造起来的。恩格斯说：“这些规律是作为思维规律强加于自然界和历史的，而不是它们中抽引出来的。从这里就产生出整个牵强的并且常常是可怕的虚构：世界不管它愿意与否，必须符合于一种思想体系，而这种思想体系自身又只是人类思维某一特定发展阶段的产物。”⑧马克思和恩格斯吸取了黑格尔的合理思想，并把它改造成唯物辩证法的规律和辩证逻辑的思维规律。在黑格尔那里这些思维规律仅仅被看作是证明的工具，在马克思、恩格斯那里这些思维规律就不是单纯的证明工具，而是人类思维活动中，反映客观事物的发展规律并与之相一致的客观的思维活动规律。

三、近代科学的发展要求冲破形式逻辑基本规律规定的范围

恩格斯关于辩证逻辑原理的阐述，包括对黑格尔的唯心主义辩证逻辑的评价和批判，都是以唯物辩证法和近代自然科学的成果为基础的。例如他在《自然辩证法》一书中详细考察了同一和差别的关系，以及整个的同一性原理，指出：“旧形而上学意义下的同一律是旧世界的基本原则：$a=a$。每一个事物都和它自身同一。一切都是永久不变的，太阳系、星体、有机体都是如此。这个命题在每个场合下都被自然科学一点一点地驳倒了，但是在理论中它还继续存在着，而旧事物的拥护者仍旧用它来抵抗新事物：一个事物不能同时是它自身又是别的。但是最近自然科学从细节上证明了这样一件事实：真实的具体的同一性包含着差异和变化（见前面）。——抽象的同一性，象形而上学的一切范畴一

样，对日常应用来说是足够的，在这里所考察的只是很小的范围或很短的时间；它所能适用的范围差不多在每一个场合下都是不相同的，并且是由对象的性质来决定的；在行星系统中，那里可以采用椭圆为基本形式来作寻常的天文学计算而不至于造成实践上的错误，它的适用范围就比在几个星期内完成变态的昆虫那里宽广得多。（还可以举其他的例子，例如要以几千年为尺度来计算的物种变化。）但是，对综合的自然科学来说，即使在任何一个部门中，抽象的同一性是根本不够的，而且虽然总的说来已经在实践中被排除，但是在理论中，它仍然统治着人们的头脑，大多数自然科学家还以为同一和差异是不可调和的对立，而不是同一个东西的两极，这两极只是由于它们相互作用，由于差异性包含在同一性中，才具有真理性。"⑨

同一律所要求的同一性这个概念本身是随着科学的进步并适应着对科学的辩证理解而发生变化。现代科学在日常思维看到同一性的地方判明出差别，又在人类思维没有想到同一性的地方判明出同一性。科学不仅判明同一性或差别，而且判明同一和差别的统一。如物质、能量、信息之间关系，爱因斯坦关于质量和能量的相互联系的定律 $E=mc^2$ 等。"铀是铀"是符合"A是A"的同一律的，但 U^{235} 和 U^{238} 作为元素是同一的，作为同位素是不同的。镭是镭，但镭的特点是辐射，它在一定的时间内发生变化、衰变，并且转化为其他元素。

可见形式逻辑的同一律不能充分反映近代科学的发展及相应的科学思维活动。形式逻辑的基本规律只能适用于早期的科学水平，如伽利略的力学哲学，笛卡儿的外力推动论，牛顿的第一推动力，地质学中的地台稳定论，林耐的物种不变论，胚胎学中的预成论，微耳和的细胞联邦等。近代科学的发展，特别是现代科学的进展都反映出了形式逻辑基本规律的局限性。例如现代物理学证明了基本粒子之间在一定条件下会互相转化。当电子和正电

子相遇时可以转化为一对光子：$e^- + e^+ —— h\nu + h\nu$，质子和反质子相遇，在一定条件下可以转化为几个带电 π 介子：$p + \tilde{p} \longrightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^- + \pi^-$。质子可以变为中子、正电子和中微子：$p \longrightarrow n + e^+ + \nu_0$，中子可以转化为质子、电子和反中微子：$n \longrightarrow p + e^- + \tilde{\nu}_0$，等等。实验证明所有的粒子都有相应的反粒子：如电子和正电子，质子和反质子，中子和反中子等。它们既对立又统一，反粒子就其本性来说，它们和相应的粒子是一样的，如质量、平均寿命、自旋的数值、磁矩的数值等都是一样的。所不同的是它的带电性和自旋、磁矩的取向是完全相反的。1904 年查梅罗(Zermelo)提出的选择性公理在公理化集合论（见第七章第三节的叙述）中异常重要，并由它而引导出一连串定理，其中之一是“分球定理”。所谓分球定理在直观上等于说：一个铁球可以重新做成两个与原来一样大的铁球，从而经过 n 次重做就能得到$2n$个与原来一样大的铁球。这粗看起来是个不可想像的事，也因此人们对选择公理的合理性产生了怀疑。但是现代物理的实践告诉我们一个基本粒子可以分裂成与原有粒子相当的两个甚至多个，例如一个高能 π 介子可以碎裂成几十个低能的 π 介子。按照形式逻辑的规律看来，不应该有中间者（排中律），但科学的发展不仅告诉我们存在有中间者，而且它的作用还很大，例如胶子。胶子最早是在假说中出现的，而于1979年由丁肇中教授领导的高能物理实验小组在西德汉堡电子同步加速器中心，通过实验追踪到了胶子的径途，而证实了胶子的存在。质子、中子这一类粒子统称为强子，物理学家们在探讨强子结构过程中，设想了许多种强子的结构模型。其中比较成功的是1964年美国物理学家盖尔曼提出的夸克模型和1966年我国物理学家提出的层子模型。按照这两种模型，所有强子都是由处于物质更深一层次的层子（或夸克）组成的。于是，物理学家们就用电子或中微子来轰击质子，在实验中发现核子（即质子和中子）的电荷集中在三个小点粒上，因此

推测这些点粒可能就是层子。但是又发现核子内的三个层子所携带的总能量大约只是核子能量的一半。那末，另一半能量在哪里呢？物理学家们设想，可能存在着某种“中性”粒子，恰恰是这些“中性”粒子携带了另一半粒子能量。并且，正是这些“中性”粒子把核子内部的层子紧紧“胶粘”在一起。也因此给它起名“胶子”。实验证明了胶子的存在，证实了强相互作用是通过胶子来传递的，这种力要比电磁力大一万倍。所以要破坏强子这个统一体，从而把层子从中“解放”出来，是极其困难的。胶子的存在充分说明了作为第三者的中介物是存在的，而且它对于维系统一体的存在起着巨大的作用。“中介”是对立事物间的联系环节。恩格斯说：“形而上学者思维于绝对不能相容的对立之中。他的说法是：‘是则是，否则否，除此以外即是鬼话’”。又说：“对于自然界的辩证理解的中心是在于承认这一真理，即上述这些对立与区别，虽然存在于自然界中，可是只有相对的意义，而相反地，想象中的它们的固定性与绝对有效性，则只不过是被我们的反思(Reflexion)注入于自然界之中的。”⑩在对立的事物之间，作为它们相互联系环节的“中介”是客观存在着的：脊椎动物和无脊椎动物之间，鱼和两栖类之间，鸟和爬虫类之间，低等动物中个体和群体之间等等，无一不存在着“亦此亦彼”的东西。“一切差异都在中间阶段融合，一切对立都经过中间环节而互相过渡”。⑪

总之，近代科学的发展要求冲破形式逻辑基本规律规定的范围，要求总结辩证思维的规律。这就不仅要对形式逻辑的基本规律作辩证的理解和运用，而且要求总结出辩证思维所独有的规律，如个性和共性的辩证统一，思维形式和思维内容的对立统一，否定之否定等思维规律。

四、辩证逻辑的规律是对形式逻辑规律的扬弃

黑格尔在批评形式逻辑时，往往未严格区分形式逻辑与形而上学的不同。马克思主义经典作家在批评形式逻辑时则是严格地区分了形式逻辑与形而上学的界限；而且他们批评形式逻辑的局限性的目的不是要废弃形式逻辑，而是为了建立辩证逻辑。如前述恩格斯关于形式逻辑的抽象同一性的批评，正是为了紧接着揭示具体同一性这个辩证逻辑的范畴。把形式逻辑看成是唯一正确的思维规律固然是错误的，把形式逻辑等同于形而上学而加以否定也是错误的。正确的看法应该是：形式逻辑是有用的，但又是有局限性的，它也不是唯一的逻辑。形式逻辑的基本规律是任何正确思维都必须遵守的，但是它又有局限性，不反映、不包含辩证思维活动的规律性。因此，逻辑学的任务是要从形式逻辑发展到辩证逻辑；关于思维规律的研究也要在形式逻辑基本规律的基础上进一步研究辩证思维的基本规律。

辩证逻辑与形式逻辑一样，是“关于思维及其规律的科学”，不过辩证逻辑除了研究整个思维过程之外，着重研究和反映理性认识中辩证思维的规律性。所以，辩证逻辑的基本规律不是简单地否定形式逻辑的基本规律，而是对它的扬弃。形式逻辑的基本规律是正确思维的必要条件，没有它就不能保证思维的确定性。形式逻辑基本规律的局限性与整个形式逻辑一样，是由于要排除思维中的一切矛盾，因而不能反映和说明思维的运动和发展的内在原因。辩证逻辑通过对形式逻辑的扬弃而前进了一步，它突破了形式逻辑的界限，包含着更广泛的世界观萌芽，而进入一个更高的层次。黑格尔曾经正确地指出过，作为较高的体系，它就必须在自身中包含低级的体系，相对论包含牛顿力学，高等数学包含初等数学，非欧几何包含欧氏几何等等。在某种特定的条件

下，后者是前者的一种特例，例如，在物体的运动速度同光速相比小得多时，相对论的规律就回到了牛顿力学；当变化率接近于零时，变量数学又回到了常量数学；当曲率等于零时，非欧几何就成为欧氏几何。可以说，在多层次的事物中，下面的一个层次，往往就是上面一个层次的特例，例如区域$[a,b]$当$a=0,b=1$时，就是一种特例。当我们撇开思维的运动和变化时，辩证逻辑的规律就还原为形式逻辑的规律了。因此，我们在探索辩证逻辑的基本规律时，既要遵守形式逻辑的基本规律，又要扬弃形式逻德的基本规律，把它提到更高一级的水平。

注：

①亚里士多德：《形而上学》，商务印书馆 1981年版，第 219 页。

②转引自贝拉·弗格拉布：《逻辑学》，三联书店1979年版，第96页。

③黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第 248-249 页。

④同③，第 248 页。

⑤同③，第 258 页。

⑥同③，第 255 页。

⑦同③，第 262 页。

⑧恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第46页。

⑨同⑧，第 193-194 页。

⑩恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第20页，第11页。

⑪同⑧，第 190 页。

第三节　思维形式与思维内容的对立统一

一、思维形式与思维内容的关系

在马克思主义产生以前，许多哲学家、逻辑学家就论述了思维形式与思维内容的关系。

早在古希腊时期，亚里士多德就系统地阐述了质料和形式的关系。亚里士多德举例说，如果一个人制造了一个铜球，那末铜便是质料，球状便是形式；如以平静的海为例，水便是质料，平静便是形式。他认为正是凭借着形式，质料才成为某种确定的东西，而这便是事物的实质。亚里士多德告诉我们：一件事物的形式就是它的本质和原始实质，形式是有实质的，虽然共相是没有实质的。当一个人制作一个铜球的时候，质料和形式二者都起已存在了；他所做的全部工作只是把二者结合在一起而已；这个人并不制造形式，正象他并不制造铜一样。事物由于获得了形式便增加了现实性，没有形式的质料只不过是潜能而已。形式是实质，它独立存在于它所由以体现的质料之外。

亚里士多德把形式与质料都看成是个别体具事物的两个不可分割的方面。这个观点是正确的，但是他没有把这个观点坚持到底。他根据形式和质料的相对性，推论出有所谓"纯形式"和"纯质料"。例如泥土和砖瓦相比，泥土是"质料"，砖瓦是"形式"，砖瓦与房屋相比，砖瓦是"质料",房屋是"形式"。如此向两头推论下去，越向质料的一头推论，形式就越简单，最终必然导致有所谓无形式的"纯质料"；反之，越向形式的一头推论，质料的成份就越少，最终必然导致有所谓无质料的"纯形式"。这样，亚里士多德最终还是把形式与质料形而上学地割裂开来了，而且

他对形式的解释，也过份夸大了形式的作用。

康德则彻底使形式与质料、形式与本质、形式与内容分离开来。他认为构成我们知识的质料、内容是没有形式的，而其形式乃是人们强加给它们的。康德首先把世界分割为“自在之物”和“现象”两个部分；其中自在之物是不可认识的，人类只能把现象作为认识对象。其次，康德又把“现象”割裂为两个独立部分：“现象”的质料（内容）和“现象”的形式。康德认为认识论的任务就在于研究“现象”的形式问题，因为在他看来，“现象”的内容属于经验范围，不能给我们以必然性和严格普遍性的知识。“现象”的形式则是先于经验而先天地存在的，即使没有任何内容也存在，存在于人们与生俱来的主观意识之中。康德认为空间、时间、因果性、自然规律不是自然界本身的特性，而是人类识识能力的特性。康德认为这些特性是先于经验的，是人类意识中的先天的形式，人类在认识中运用这些先天形式去整理感性经验，而后才获得知识。人类是自然的立法者。因此，在康德那里，思维形式是强加给思维内容的。

黑格尔在哲学史上是第一个（虽然是唯心主义的）阐述形式与本质、形式与质料、形式与内容的辩证法的。

黑格尔认为“形式在它自己的同一性中是有本质的，一如本质在其否定的本性中具有绝对形式。因此，不能这样提问题，形式是怎样附着在本质上的；因为形式只是本质在自身中的映现，是本质自己固有的反思。”列宁在摘录了这段话之后指出：“形式是本质的。本质是具有形式的。不论怎样形式都还是以本质为转够的……”①。黑格尔认为：“认为一切事物皆以同一的质料为基础，它们的关系单纯是外在的，按照它们的形式全是不同的，——这种看法，在抽象反思的意识里最为流行。依这个看法，质料本身是漫无规定性的，但可以接受一切规定，同时质料又是永久性的，在一切变化和更迭中仍同样维持其不变。质料这

种中立于一切特定形式的特点，在有限事物里的确可以见到。譬如一块大理石，无论给予这一种雕像或那一种雕像的形式，或给予柱石的形式，这于它是不相干的。但我们不可忽视，象大理石这样的质料，只是相对地（与雕刻家相对）与形式不相干，并不是绝对没有形式。所以矿物学家便把这相对地没有形式的大理石认定为一特定的石的结构，有别于其他特定类型的石如沙石或云、斑石。因此，我们说把质料孤立起来，认作一种无形式的东西，仅是一种抽象理智的看法。反之，事实上，在质料概念里就彻底地包括有形式原则在内，因而在经验中也根本没有无形式质料出现。”②在内容与形式的关系上，黑格尔认为“内容并不是没有形式的，反之内容既具有形式于自身内，同时形式又是一种外在于内容的东西。于是就有了双重的形式。”③一种是外在的形式，譬如一本书，不论是手抄还是排印，不论是纸装的还是皮装的，形式虽不同，而书的内容是相同的。但是我们不能因为看见这书有了这种外在的不相同的形式，就认为书的内容本身是没有形式的。任何内容都有它自己的形式，有一种形式与内容相统一的内在的形式。一件艺术品如果缺乏正当的名实相符的形式就不成其为为艺术品。“内容非他，即形式之转化为内容；形式非他，即内容之转化为形式。这种互相转化是思想最重要的规定之一。”“而且经过仔细考察和深入分析，我们就可见得，对于一个有教养的人说来，所谓内容，除了意味着富有思想外，并没有别的意义。但这就不啻承认，思想不可被认作与内容不相干的抽象的空的形式，而且，在艺术里以及在一切别的领域里，内容的真理性和札实性，主要基于内容证明其自身与形式的同一方面。”④可见黑格尔的逻辑学是内容与形式相统一的，而不是相分离的。不过黑格尔指出了同一和差别的同一性，但是没有指出同一和差别的差别性。虽然他原则上强调了具体的同一，但是由于其唯心主义立场，在他的逻辑学里抽象性远远多于具体性。

马克思主义关于形式与内容（包括思维形式与思维内容）关系的观点是对黑格尔的观点吸收并且进行了唯物主义的改造后得出的结论。

在辩证逻辑看来，思维形式是思维借以反映、描述、把握客观物质世界的“模型”。它是在人们改造客观物质世界的实践中形成的，人们在改造客观世界的实践中，不仅获得了思维的内容，而且也获得了思维的形式，在内容和形式的关系中，首先是内容决定形式，有什么样的内容，就必然具有或者必然要求具有什么样的形式，它并不是人们随意强加给内容的，而是客观的。如辩证矛盾是事物所固有的，因而思维形式、规律也要越出形式逻辑的范围而进入辩证逻辑的范围。列宁在引了黑格尔关于“A本身就是第三者，因为A可以是$+A$，也可以是$-A$。«可见某物本身就是那个本来应当被排除的第三者。»”的论述后，写道：“这是机智而正确的。任何具体的东西、任何具体的某物，都是和其余的一切处于相异的并且常常是矛盾的关系中，因此，它往往既是自身又是他物。”⑥这种客观事物的状况同样适用于思维状况。思维内容决定思维形式。但是形式并不是消极的、被动的因素，被一定的内容所决定的形式，又是促进或阻碍内容发展的巨大力量。一种形式一经产生之后，就成为相对固定的东西，反过来影响内容的发展。

在形式逻辑中，思维形式与思维内容是被割裂的，这在思维活动发展的第一阶段（知性阶段）也是不可避免的。因为人们的思维不可能一下子把握住复杂的客观事物，而是必须经历一个过程，人们首先在思维中把认识的具体对象从总的发展链条中暂时割断开来，把具体对象从普遍联系中截取出来，把它作为一个没有差别和矛盾的整体来加以考察。不这样，人们就不可能获得关于具体对象的最初认识。

当思维运动进一步发展，进入第二阶段（理性阶段）时，人

们就开始在思维中把具体对象重新放回到总的发展链条和普遍联系中去，进而揭示对象的内部差异和矛盾，达到在思维中再现运动着的具体的多样性的客观世界的目的。这就是辩证逻辑的任务，也因此与形式逻辑不同，思维形式与思维内容的对立统一是辩证逻辑的一条思维规律。只有遵循这一规律，辩证重维形式的运用，才能保证我们的认识具有真理性。

二、思维形式与思维内容的对立统一是辩证逻辑的思维规律

辩证逻辑是以思维的内在矛盾为其主要研究对象，因而它把思维看成是内容与形式的统一体、抽象和具体的统一体、个性和共性的统一体。

个别和一般的关系是哲学史上长期探讨的问题。在古希腊，柏拉图认为：理念（共相）是独立存在的东西；而个体则是它的模本。亚里士多德则主张：共相是实物的形式，而且处于比质料更主要的地位。昔尼克学派首领安提西尼则认为：存在只是个别的事物，一般只是虚构。这些观点到中世纪就发展成唯名论与唯实论之争。在哲学史上是黑格尔首先在概念领域内揭示过一般、特殊、个别的辩证法，指出过它们之间的联系和过渡，构成了黑格尔逻辑体系中关于推理的辩证法的特定部分。不过黑格尔只是唯心主义地论述了这一问题，他不可能理解在一般和个别的关系中，包含着意识和物质、思维和存在之间的唯物辩证关系，只有马克思主义的哲学和辩证逻辑才能正确阐明一般、特殊和个别之间的辩证关系。

从人类（无论是群体还是个体）的认识过程来看，都要经历两个过程：从个别到一般和从一般到个别。思维运动的发展也是这样。也因此研究辩证思维运动的规律，必须探索思维中的个别和一般的矛盾运动。这种矛盾运动也是唯物辩证法的对立统一规

律在思维领域中的特殊形态。

个别和一般的矛盾是思维运动的基本矛盾，这是人类思维的本性决定的。恩格斯说："人的思维是至上的，同样又是不至上的，它的认识能力是无限的同样又是有限的。按它的本性、使命、可能和历史的终极目的来说，是至上的和无限的；按它的个别实现和每次的现实来说，又是不至上的和无限的；按它的个别实现和每次的现实来说，又是不至上的和有限的。"⑥认识从感觉开始，上升发展到理性思维，必须借助于概括。在任何概括中，就已包含着无限的认识，这就是思维中的一般。无限是由有限构成的，人们只能从有限中认识无限，因而也就不能穷尽对有限的认识。这就决定了一般的认识不能完全概括个别的认识，在认识过程中也就不可避免要不断出现新东西，并且与旧的、一般的认识相矛盾。正是这种认识上的矛盾成为一切科学发展的内在动力，不断地推动着人类思维的运动和发展。因此，恩格斯指出："一切真实的，详尽无遗的认识都是在于：我们在思想中把个别的东西从个别性提高到特殊性，然后再从特殊性提高到普遍性。"⑦恩格斯研究了黑格尔的《逻辑学》，认为黑格尔把个别和一般的矛盾看作是思维的基本矛盾，并指出："个别性、特殊性、普遍性这就是全部概念论在其中运动的三个规定。"⑧恩格斯正是根据这三个规定，分析了思维形式的运动情况，而认为判断的过程就是从个别判断开始，中间经过特殊性的判断而发展到普遍性的判断的。

既然任何事物都是共性和个性的统一体，那么任何思想、思维活动也必然是共性和个性的统一，个别和一般的统一。辩证逻辑的思维形式的运动就是建立在这种统一的基础上的。

从逻辑学角度讲，形式逻辑认为"个别不等于一般"，辩证逻辑认为"个别就是一般"。

一般是思维通过抽象活动对许多个别对象抽取它们的相互同

一性而形成。因此一般是以个别为客观基础的，一般比个别来说是一种抽象概括、对共性的抽象。但是我们的思维活动过程并不单纯是从个别抽取一般的活动，它同时又是运用一般去认识个别并进行反思的过程。因此一般又不是单纯反映个别的共性，而是同时又要反映对象的同异联系，对象和他事物在概念中的相同或相异；以至一般要包含个别和特殊，从抽象的一般发展到具体的一般。列宁在《谈谈辩证法问题》一文中写道："个别就是一般……这就是说，对立面（个别跟一般相对立）是同一的；个别一定与一般相联而存在。一般只能在个别中存在，只能通过个别而存在。任何个别（不论怎样）都是一般。任何一般只是大致地包括一切个别事物。任何个别都不能包含在一般之中等等。任何个别经过千万次的转化而与另一类的个别（事物、现象、过程）相联系。诸如此类等等。"⑨毛泽东同志在《矛盾论》中论述矛盾的普遍性和特殊性时，也论述了共性和个性的关系，指出："由于特殊的事物是和普遍的事物联结的，由于每一个事物内部不但包含了矛盾的特殊性，而且包含了矛盾的普遍性，普遍性即存在于特殊性之中，所以，当着我们研究一定事物的时候，就应当去发现这两方面及其互相联结"……"，矛盾的普遍性"是共性，是绝对性，然而这种共性，即包含于一切个性之中，无个性即无共性……，一切个别都是有条件地暂时地存在的，所以是相对的。"⑩可见个性和共性的对立统一是客观事物固有的特性，也是人类认识、思维活动中的一个特性。

在人类的认识过程，思维活动的过程中，除了个性和共性的对立统一外，还有具体和抽象的对立统一问题。

作为认识对象的客观事物都是具体的，它可看、可听、可尝、可嗅、可摸，十分生动具体。在认识过程中，"具体"是这样一个客观事实的反映：现实中的各现象或对象是作为不同的方面、属性和关系的统一体、整体而存在的。例如任何植物都有很多的

方面和属性。小麦是由几个部分构成的：根、茎、穗。它具有一定的颜色、形状，其中的每一部分都有自己的结构和形状，等等。认识上的具体的映象，是从现象或对象各个方面的统一和相互联系中对现象或对象的完整的反映。呈现在我们面前的具体事物，既是具体的又是抽象的，因为它隐藏着它自身内部的具体内容——它的各方面的本质以及这些本质间的联系、关系，即多种多样现象之间的内在联系和它们的统一。感性中的具体往往掩盖着思维中的抽象。在认识过程中，可以把对象的一些方面、属性分离出来，也就是撇开其他方面，而把这些方面、属性抽象出来。形式逻辑中的概念，就是有关事物的这种相似的和一般的抽象的东西。

在辩证逻辑看来认识由感觉、知觉、表象向理性的抽象（它反映对象的最本质的方面）运动，乃是全部人类认识的总过程。在一切科学知识领域中，无论是在自然科学中，社会科学中，或是思维科学中，认识都是这样进行的。由于这个运动，我们直接离开了对象及其一切偶然的和非本质的方面，但却更接近对象的本质。正如列宁所说的那样，"当思维从具体的东西上升到抽象的东西时，它不是离开……真理，而是接近真理。物质的抽象，自然规律的抽象，价值的抽象及其他等等，一句话，那一切科学的（正确的、郑重的、不是荒唐的）抽象，都更深刻、更正确、更完全地反映自然。从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是认识真理、认识客观实在的辩证的途径。"⑪思维籍助于抽象而离开对象，只不过是为了更深刻地了解对象。

我们的认识从感性具体开始而达到理性的抽象。抽象是对感性具体的否定，但是许多抽象的总和又形成思维的具体，是对抽象的否定。康德关于太阳系行星起源的假说是试图只根据力学的规律性，即根据引力和斥力这两种力量的相互作用来说明行星起源的过程。现代天文学家关于天体演化的假说则是根据现代科学

（天文学、力学、物理学、化学、地质学等）所提供的知识，通过综合的方法来更全面、更完整地阐明行星起源的复杂过程，比较完备地在思维中再现出具体的东西。

可见，我们的认识过程是这样进行的：从提供关于对象的感性具体知识的感觉、知觉，推移到反映对象的个别本质方面的抽象规定。在抽象的基础上，认识又回到具体，但这时的具体已经是对象的许多规定、许多方面的统一。认识并不停顿在这个具体上，而是继续前进。如果再分析这个具体，就可得到更高级的抽象，这些抽象的综合又能提供出更深刻和更全面的关于对象的（具体）知识。因此，在认识过程中始终存在着具体和抽象的对立统一。

思维内容本身有着个性和共性，具体和抽象的对立统一关系，从逻辑学角度来看，思维过程中的思维形式与思维内容也有这种辩证关系。思维形式是表达思维内容的形式结构，是对众多思维内容从形式方面所作的抽象、共性。思维内容是通过一定的思维形式表达出来的具体对象的个别特性。既然在认识过程中贯串着个性和共性的对立统一，那么在思维运动中就必然有思维形式（共性、抽象）与思维内容（个性、具体）的对立统一这方面的反映。只有思维形式与思维内容相统一，也就是思维形式能充分反映思维内容的辩证运动，才能使我们的认识具有理性的意义。思维形式应该随着科学的发展、思维内容的发展而充实、调整，甚至在对旧的思维形式扬弃的基础上进行创新。因此思维形式与思维内容的对立统一，是思维辩证的本性，是辩证逻辑的思维规律。

辩证逻辑不同于形式逻辑的特点之一，就是具有思维形式与思维内容的统一性。辩证逻辑不象形式逻辑那样，把思维形式与思维内容割裂开来；而是恰恰相反，它着眼于形式与内容的统一，要求思维形式必须与思维内容符合一致。我们在第三章中介

绍的辩证逻辑的思维形式，都是具有内容、与内容紧密结合的思维形式。

思维的运动、转化、发展的过程，从逻辑学的角度来看，就是思维形式的运动、转化、发展的过程，就是思维内容在逻辑形式中运动、转化、发展以及形成体系的过程，这两个过程的结合也就是思维从抽象上升到具体的过程。

形式逻辑只是探讨思维形式的正确结构的一般规律，因而它不能保证思维内容的真理性和思维结构的正确性的完全同一。形式逻辑的同一律、矛盾律和排中律不能反映客观事物的具体矛盾，更不能了解反映具体矛盾的对立面的命题可以同时都是真的。只有辩证逻辑要求形式与内容达到辩证的统一，才能在认识过程中，把逻辑思维过程中的两个不同方面（即运动的割断的"静态"的描述和运动的完整的"动态"的描述）统一起来。

注：

①《列宁全集》第38卷，第151页。

②黑格尔：《小逻辑》商务印书馆1980年版，第272页。

③同②，第278页。

④同②，第278页．280页。

⑤同①，第144页。

⑥恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第84页。

⑦恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第212页。

⑧同⑦，第204页。

⑨同①，第409-410页。

⑩《毛泽东选集》第1卷，人民出版社1952年版，第306、307页。

⑪同①，第181页。

第四节　否定之否定是辩证逻辑的基本规律

否定之否定的规律是辩证逻辑的规律，它是客观事物发展中，从出发点经过不断向对立面转化的过程、螺旋式上升发展过程中的一个阶段、环节在人类思维中的反映。否定之否定这一术语，用来表达逻辑规律比表达辩证法规律更为妥切；因为肯定、否定都是一种主观认识，客观规律无所谓肯定否定。黑格尔就是将否定之否定作为逻辑规律的术语来使用的。否定之否定最确切地反映了个体和群体的认识发展过程，特别是理性认识中的上升运动发展过程，从而它也必然是辩证逻辑的最基本的规律。

黑格尔在其主要著作《小逻辑》中系统地叙述了他的逻辑学体系中的三条辩证法规律。在第一篇“存在论”中，叙述了绝对观念经历了质—量—度这样的发展阶段，表明了质与量的统一和互相转化。在第二篇“本质论”中，叙述绝对观念经历了本质—现象—现实这样的发展阶段，表明了内部含有的矛盾是发展的本质和动力。第三篇“概念论”是存在和本质的统一。黑格尔在这书的最后一段中写道：“我们从理念开始，现在我们又返回到理念的概念了。这种返回到开始，同时即是一种进展。”①黑格尔这种由终点回复到始点，在高级阶段重复低级阶段的某些特征，发展经历正—反—合三段式的思想，贯串于他的全部哲学体系，其中虽然有许多主观虚构和牵强附会的内容，但仍然特出地反映了否定之否定规律的合理思想。也因此恩格斯指出，辩证法的三个规律即量转化为质和质转化为量的规律，对立的相互渗透的规律，否定的否定的规律，“都曾经被黑格尔以其唯心主义的方法只当作思维规律而加以阐明：第一个规律是在他的《逻辑学》的第一部分即存在论中；第二个规律占据了他的《逻辑学》的整个第二部分……，最后第三个规律是整个体系的基本规律。”②

关于否定之否定的思想，黑格尔早在其《精神现象学》中就已基本奠定。他认为人的认识的发展，首先是产生意识这个个人意识的最初阶段，意识包括：感性、知觉、知性三个阶段，它以他物作为对象，经过这三个阶段而深入和发展到自我意识这个对自己本身认识的个人意识发展的第二阶段。然后再发展到第三阶段——理性，而完成了个人意识的发展。其后，个人意识活动进一步发展，进入社会领域，就进入一个新的阶段，黑格尔称之为精神阶段。在精神阶段，人类意识的发展又经历伦理、道德、宗教三个阶段，最后发展进入“绝对知识”这个人类意识发展的最高阶段。整个人类意识、认识的发展是无数个辩证发展的圆圈运动，每个圆圈运动自身都是完整的，因而它一方面返回到自身，同时又向另一个更高层次的圆圈过渡。

黑格尔认为辩证逻辑的体系就是人类思维活动中的许多彼此排斥的环节的相辅相成的发展过程，是真理因素自己发展成为一个有机整体的否定性的运动过程。“它们的流动性却使它们同时成为有机统一体的环节，它们在有机统一体中不但不互相抵触，而且彼此都同样是必要的；而正是这种同样的必要性才构成整体的生命。”③

黑格尔认为“自身否定”是发展的动力，也是事物自己运动的源泉。他说：“有些古代哲学家曾把虚空理解为推动者；他们显然已经知道推动者是否定的东西，但还没有了解它就是自身。”④否定就是发展，就是矛盾，它是对立面的内部的否定和“生命力的内部搏动”。

黑格尔认为辩证的否定是有内容的，“有规定性的否定”。这种“有规定性的否定”由于包含了前一被否定事物中的肯定的东西而更优越、更高级，因此辩证的否定是包含否定环节的规定性。有内容、有规定性的否定，使发展具有前进性，使矛盾不再是空泛的东西了。

黑格尔明确地把扬弃规定为"既克服又保存"，并认为"扬弃"是否定性辩证法的重要规定。他还指出了否定之否定是个由低级到高级的周期性前进、发展过程，其中第一个否定与第二个否定既有联系又有区别。

以后，黑格尔在其逻辑学中又进一步把这些思想深化、发展，详尽而细致地刻画了否定之否定这一辩证思维的基本规律。黑格尔认为纯粹的"有"，实际上是纯粹的空洞，什么也没有表示出来。纯有实际上也就是纯无。也就是黑格尔在其逻辑起点中已经蕴含了肯定中有否定的思想，它是否定之否定的起点和思想基础。黑格尔还认为否定不是一次认识活动，而是连续的否定活动。否定之否定的思想，黑格尔用肯定、否定、否定之否定来表述，当然也可以用正题、反题、合题的语言来表述。但是否定之否定与正反合的三段式相比，无论在内容和表现形式方面都更为宽广和丰富。黑格尔特别强调"自身否定"，因为这是他的辩证法体系中触及物质自己运动的、最重要的规定，它吸收了人类文化和科学的一切"异化"的规定，使否定和矛盾内在地互相贯通，并成为辩证法规律和范畴的根据。

黑格尔在构造其逻辑体系所采用的方法的特点就是否定与肯定的统一。他在其《逻辑学》（即大逻辑）一书中写道："为了使逻辑的枯骨，通过精神，活起来成为内容和含蕴，逻辑的方法就必须是那唯一能够使它成为纯科学的方法。""为了争取科学的进展——为了在基本上努力于对这件事有十分单纯的明见——唯一的事就是要认识以下的逻辑命题：否定的东西也同样是肯定的；或说，自相矛盾的东西并不消解为零，消解为抽象的无，而是基本上仅仅消解为它的特殊内容的否定；或说，这样一个否定并非全盘否定，而是自行消解的被规定的事情的否定；于是，在结果中，本质上就包含着结果所从出的东西，……由于这个产生结果的东西，这个否定是一个规定了的否定，它就有了一个内容。

它是一个新的概念，但比先行的概念更多、更丰富；……并且是和它的对立物的统一。——概念的系统，一般就是按照这条途径构成的，——并且是在一个不可遏止的、纯粹的、无求于外的过程中完成的。”⑤

可见，辩证逻辑的基本思维规律，在黑格尔的著作里已经从唯心主义的角度基本论到了。马克思主义关于否定之否定这一辩证逻辑基本思维规律的论述在形式上就是以黑格尔的论述作为出发点和基础，然后加以改造、充实和发展而成的。

一、肯定和否定

人类对事物的认识过程，思维运动的发展过程，都不断经历由肯定达到对自身的否定，再由否定达到否定之否定即新的肯定的过程。这是认识发展和思维运动的普遍规律。

在人类的认识过程中，肯定和否定是互相依赖互相渗透的。这种依赖和渗透关系表现在两个方面。一方面，在一定意义上，肯定就是否定，肯定包含否定。认识事物首先就得肯定它是什么，而肯定了它是“这个”，也就意味着否定了它是“那个”。肯定中包含着否定，例如死亡是对生命的否定，可是生命就含着死亡，撇开了死亡是无法理解生命现象，无法肯定生命现象的。另一方面，在一定意义上否定又是肯定，否定包含着肯定。在认识过程中，否定也是离不开肯定的，撇开了肯定也就无法理解否定。如对谬误的否定，同时就是对真理的肯定。批评是对错误的否定，而真正善意的恰如其分的批评又是“治病救人”，使被批评者“恢复健康”。所谓否定中包含着肯定，也就说在辩证逻辑看来，没有纯粹的、抽象的否定，否定是一种辩证性的否定。

辩证思维把任何现存的事物（任何“已经生成的形态”，任何以某种形式出现在世界中的具体东西）都看成“运动的流”中

的“暂时经过”的东西。马克思在《资本论》中这样写道：“在现存事物的理解中，同时包含有它的否定的理解，它的必然灭亡的理解，它对每一个已经生成的形态，都是在运动的流中，从它的暂时经过的方面去理解。”⑥辩证思维既然把一切现存都看成是一种暂时状态，那么反映这种思维运动的思维形式都得按着这样的规律运动，那就是要考虑到这种暂时状态是通过扬弃何种旧思想、旧认识而形成的，以及它又将为何种新思想、新认识所否定。一句话，在辩证思想的认识过程中要有所肯定和有所否定，并体现肯定和否定的对立统一。例如把“无限的东西既可以认识又不可以认识”这一正确命题中的任何一方去掉都会造成严重错误。如果片面地说“无限的东西是可以认识的”，那就会像杜林那样无知地宣布自己掌握了囊括世界一切的绝对真理；如果片面地宣布“无限的东西不可以认识”，那就会象耐格里那样，“不是否认了自然规律的可认识性，便是否认了它们的永恒性。”⑦所以，当耐格里说到“我们只能认识有限的东西”之后，恩格斯立即指出，“这是完全正确的，只要进入我们认识领域的仅仅是有限的对象。但是这个命题还须有如下的补充：‘我们在根本上只能认识无限的东西’。”⑧正如运动就是“在这个地点而同时又不在这个地点”一样。

辩证逻辑思维规律所讲的否定乃是认识发展过程的一个环节。在认识过程中当否定原有认识战胜了肯定原有认识的时候，就产生否定这种认识中的飞跃。当旧的认识被新的认识否定时，认识的渐进过程就中断了，新旧认识之间有一条确定的界线，这是认识发展中的非连续性；同时旧认识的被否定又是该认识的渐进过程发展的结果，它表现着新旧认识之间的一定联系，表现出认识发展中的连续性。因此，否定就是认识过程中非连续性和连续性的辩证统一，它既是旧认识向新认识过渡的变革环节，又是新旧认识相互联系的环节。

正确认识辩证性的否定很重要，因为它是辩证逻辑的批判性、革命性的实质之所在。马克思说："辩证法在对现存事物的肯定的理解中同时包含对现存事物的否定的理解，即对现存事物必然死亡的理解；辩证法对每一种既成的形式都是从不断的运动中，因而也是从它的暂时性方面去理解，辩证法不崇拜任何东西，按其本质来说，它是批判的和革命的。"⑨

当然辩证的否定决不是简单地宣布没有，不是转化为绝对的无。在辩证逻辑看来，在认识中的否定这个环节，决不是简单地宣布没有、取消。否定的形式是多种多样的，但不论它是哪种形式的否定，它都既是克服又是保留。

在数学上，"零"是对任何定量的否定，但从辩证法、辩证逻辑的观点来看，"零"又具有非常丰富的内容的。恩格斯在《自然辩证法》的数学扎记中作了较详尽的叙述。

零是正数和负数之间的界限，是既不是正又不是负的唯一真正的中性数。零不仅是一个非常确定的，并且它本身比其他一切被它所限定的数更要重。

在十进位制的记数中，把零放在一个自然数的右边，就使该数扩大十倍。一个小数中，小数点后面的零的个数表示着此小数（近似数）的精确度。

在算术运算中，零乘一个数，使该数变为零。零除一个非零的数，使该数变为无限大。零被任何一个非零的数除，使这个数变为零。零除零$\left(\frac{0}{0}\right)$可以表示从$-\infty$到$+\infty$之间的任何实数。可见，零是和其他任何数都有无限关系的唯一的数。

在代数运算中，一个方程的实质，只有当该方程的所有项都移到等号左边，而把等号右边的值改为零时（$f(x)=0$），才能清楚地表现出来。只有经过零与其他量之间的转化，才能达到运算的目的。

在解析几何中，零是一个特定的座标原点，它比其他所有的点都更重要。它决定着其他点的选取和性质，决定着其他点的数量性质和它们的相互关系。在许多情况下，原点（零点）可以任意选取，但是一经选定，它就始终是全部运算的中心点。

在微积分中，函数 $F(x,y)=0$，这里的零并非虚空，它与 $F(x,y)=Z$ 中的 Z 一样，代表着一个确定的内容。对 $F(x,y)=Z$ 微分可以求出：$\frac{\partial z}{\partial x}$，$\frac{\partial z}{\partial y}$。同样，对 $F(x,y)=0$，也可以求出：$\frac{\partial F}{\partial x}=0$，$\frac{\partial F}{\partial y}=0$。

在现实生活中，零的作用也不是虚无。而是表示界限和状态，如 0℃ 并不是没有温度，而是一个确定的非常重要的温度，它是在标准状态下，水结成冰的关节点。绝对零度是指 -273.16℃。在时间的计算中，零点也不表示没有时间，而是表示两天（新与旧）间的交接点。

在科学史上，许多有名的学说，如盖伦的心动说，托勒密的地心说，以及热素说、燃素说等虽然都已被更正确的科学认识所否定，但是这些学说在产生时都起过进步作用，并且它们中的一些成份也被后来的、更为正确的、否定它们的学说所吸收。辩证的否定不是简单地否定、取消原有的认识，而是在否定中有肯定，既有克服又有保留。

对一种认识的否定，并不是简单地将这种认识的作用置于零的地位，也不是单纯列举此种认识之不足和与事实之不符，而是用一种新的认识来代替旧的认识。“不破不立”是对的，但在科学研究中，应该说“立”比“破”更为重要。英国医生、解剖学家哈维(Williams Harvey,1578-1657)创建血液环论使生理学成为科学的一个重要的方法论思想就是“立”重于“破”。哈维反复思考古罗马名医盖伦 (Galen, 约 130-约 200) 的心血潮流运动

说是错误的，百余年来，多少人都指出过这一点，但是什么是对的呢？仅仅指出盖伦的错误，并不能使自己有立足之处，而是必须创出一条新路。哈维比他的先驱者看得更远。他决心建造一座新的大厦，他深知新学说的大厦不建立起来，那么旧学说、旧体系即使再陈旧腐朽也不会倒塌。思想的垦荒者如果只去消除愚昧的野草，而没有在这块空地上不失时机地播下真理的种子，那么，要不了多久，这块浸满先驱者血汗的空地就会重新长满宗教迷信的荆棘。塞尔维特、萨维理都把批判的锋芒指向盖伦，但却推翻不了它，而哈维的著作没有一句直接批判盖伦的话却一举摧垮了盖伦的学说。这一历史事实告诉我们在科学研究中"立"比"破"更为重要，只有把经得起实践考验的新事物和认识"立"起来了，旧事物、旧认识才会被取代、才会消亡。很多人以为，只有布鲁诺、塞尔维特那样的殉难者才称得上与宗教黑暗势力斗争的勇士。其实，焚烧追求真理的宗教叛逆者的火光，只是衬托出宗教统治的野蛮，激发起人们的义愤；而科学的创造，才标志着我们的认识已进入了一个新的时代。仅有否定并没有完成一个认识阶段，只有否定之否定，达到新的基础上的肯定，才算是结束一个认识过程，才算在一定程度和阶段上真正完成了辩证否定的任务。

肯定和否定这两个环节是同时存在、相辅相成的。当我们肯定A时，实际上我们同时已经肯定了处于A之外的非A的存在。简单地说，客观世界就是$A+\bar{A}$。黑格尔正是这样才克服了康德的二律背反的。"肯定一切"和"否定一切"都是片面的，而且必然要导致逻辑矛盾，因为"肯定一切"包含着"肯定'否定一切'"，"否定一切"也包含着"否定'否定一切'"。只有把肯定和否定看作是相互依赖、相互渗透、相互结合的对立统一关系才能体现肯定和否定的辩证关系，才能体现思维运动的全过程。黑格尔把这种关系称之谓"否定的否定"。否定之否定真正体现了人类认

识活动的过程，从而否定之否定也就成为辩证逻辑的基本思维规律。马克思在《哲学的贫困》一书中，曾这样叙述了黑格尔的看法："理性一旦把自己作为正题安置下来，这个正题、这个思想就会自相对置，分为两个自相矛盾的思想，即肯定和否定，'是'和'否'。这两个包含在反题中的对抗因素的斗争，形成辩证运动。'是'转化为'否'，'否'转化为'是'。'是'同时成为'是'和'否'，'否'同时成为'否'和'是'。对立面就是通过这样方法互相均衡，互相中和，互相抵销。这两个彼此矛盾的思想的融合，就形成一个新的思想，即它们的合题。这个新的思想又分成为两个彼此矛盾的思想，而这两个思想又融合成新的合题。这种增殖过程就构成思想群。同简单的范畴一样，思想群也遵循这个辩证运动，它也有另一个与自己矛盾的群作为自己的反题。从这两个思想群中产生出新的思想群，即它们的合题。"

"正如从简单范畴的辩证运动中产生群一样，从群的辩证运动中产生系列，从系列的辩证运动中又产生整个体系。"⑩

二、否定之否定规律统帅认识的整个过程

否定之否定的规律最能反映认识过程的辩证性。"否定之否定"比"肯定否定"更为确切，因为它突出了这一规律的基本特点，表明认识发展是个连续的否定过程。而肯定否定的表述方式仅仅反映了从肯定向否定的转化，只抓住了这一规律的前提，而没有揭示出它的基本特点。此外，否定之否定也同时包含了肯定在内，因为否定总是以自己的对立面（即肯定）为自身存在的前提的。不仅如此，否定之否定本身就是肯定，是经过两次或多次的否定以后达到的一个终点。这个终点实际上是新的发展阶段所自开始的肯定阶段。

否定之否定的规律，马克思、恩格斯曾用"肯定——否定——

否定之否定”这种方式来表述，它的基本内容由表明发展的总趋势和总路线的一系列规律所组成：肯定否定规律，由简单到复杂、低级到高级的规律，波浪式前进和螺旋式上升的规律等等。

从辩证逻辑的规律来说，否定之否定规律包含这样三方面的内容：（一）肯定与否定的对立统一。人们对事物的认识都包含肯定和否定两个方面，亦即保持原有的认识的一面和推翻原有认识的一面。认识的前一阶段对后一阶段来说是肯定，认识的后一阶段对前一阶段来说是否定。所以否定是认识发展中的这样一个环节，它促使旧认识向新认识转化，它是旧认识向新认识发展的决定性环节。否定的过程是认识过程中的一次飞跃，它的功能就在于推动认识向更高的阶段发展。不过否定也是新旧认识之间相联系的环节，它是对旧阶段、旧认识的“扬弃”，它一方面否定旧的认识，一方面又继承和发展旧认识中的一切积极因素，这也就是高级阶段的认识保留着低级阶段认识的某些特征和特性的原因。（二）由（一）就决定了认识的发展过程是一个由简单到复杂、由低级到高级的发展过程。人类的认识，无论群体还是个体，都不可能是周而复始的循环过程。它不可能是重复，而是进到更高的阶段，“前进的发展，不管一切表面的偶然性，也不管一切暂时的倒退，终究会为自己开辟出道路”⑪。（三）认识过程这种由低级向高级的前进上升发展的具体过程不是直线式的，而是迂回曲折的，在认识发展的过程中既有暂时的或局部的倒退情况，也有迂回转向的运动情况。但是认识发展的总趋势是向前进的，这种总趋势与局部过程的倒退和转向交叉结合发展，形成认识全过程的复杂性和波浪形的、螺旋式的思维运动过程。

在认识发展过程中，经过两次否定，即由肯定到否定，再由否定到第二次否定（否定之否定），就使认识运动表现出一个周期。在这一周期结束时，是实现了两次向对立面的转化，结果就使它在外表上会重复最初的肯定阶段的某些特征、特性，好象又

回到了原来的出发点，用列宁的话来说，“仿佛是向旧东西的回复”②。但它在实质上是和旧的认识根本不同的、更高级的新的认识。

从总的人类思维发展过程来讲，我们已经历了朴素辩证法、形而上学和唯物辩证法三个阶段。人们最初的认识是把当时人们能够直接观察到的客观世界当做整体，是从它的各个部分的联系和转化的总体上来加以把握，并取得一个大致正确的看法，这就是朴素辩证法阶段。这时的认识，虽然从总体来说是大致正确的，但是对客观世界的各个部分缺乏深入的考察，因而是肤浅的，模糊不清的。抓不住局部就不能科学地把握总体，为了把握总体就必须抓住局部。因此在人类认识继续发展过程中，到了一定的阶段，发生了朴素辩证法向其对立面的转化，也就是随着认识水平的发展和进步，朴素辩证法被形而上学所否定。在产生、形成形而上学思想方法的过程中，以及在形而上学思想指导下，对世界进行了分门别类的研究，为科学的发展积累了丰富的有价值的材料，使人类的认识水平前进了一大步。但是这种思想方法抓住了局部又忽略了全体，在世界总的联系和转化的理解上又见绌于朴素辩证法。不了解总体，所掌握的有关局部的材料也难作出合乎科学的解释。这就构成了形而上学思想方法内部不可克服的矛盾。矛盾的发展又促使认识再度向其对立面转化，辩证法、特别是唯物辩证法否定了形而上学。这是第二次否定，即否定之否定。在这个阶段，辩证法是科学进一步发展的基础上总结出来的，这时的科学认识已要求在掌握各个局部的丰富材料的基础上，对所认识的世界的总体，就其联系和转化，描绘出一幅清晰准确的图画；而且只有这样，才能反过来帮助人们对有关局部的材料做出较合乎科学的解释。这一次否定，既克服了形而上学只看到局部忘记整体的片面性，又克服了朴素辩证法只看到全局未抓住部分的片面性。经过这样两次否定，才最后克服了前两个阶

段的片面性，使全局和局部的矛盾得到了解决，产生了正确的思想方法——唯物辩证法。

从哲学发展中，我们又可看到承认物质第一性、忽略了思维能动性的机械唯物论，被抽象发展了思维能动性、否认物质第一性的唯心主义所否定。以后，辩证唯物主义又否定了唯心主义恢复了唯物主义，这是否定之否定。这个第二次的否定，不仅克服了抽象发展思维能动性的唯心主义的片面性，而且克服了机械唯物主义否认思维能动性的片面性，第一次全面地、科学地处理了思维和存在的矛盾，既坚持存在的第一性、思维的第二性，又承认思维的能动性、思维对存在的反作用，使唯物主义成为真正彻底的科学——辩证唯物主义。

再从个人的哲学认识来讲，哲学是一门反思性质的科学，即通过思维，运用思辩的方法来研究人类思维自身。要认识思维自身，首先要使思维对象化，否定思维自身。如同我们要观察我们自己的眼睛时，一定首先要借助于镜子等他物，才能看到自己的眼睛一样。所谓使思维对象化，就是要通过实践，把思维结果反映成具体的事物(在自然、社会、思维三个领域),再回过来认识思维自身。这是通过思维去认识整个世界，又从客观世界三个领域的认识回到思维。凡是哲学的认识都要经历这样一个否定之否定的过程,一切认识过程、思维活动过程也都是否定之否定的过程。

否定之否定的发展过程，从认识论、思维活动的过程来看也就是揭露矛盾、解决矛盾，完成一次认识的过程。

在客观事物的发展中，完成一次否定就是事物完成了向对立物的转化，在认识过程中就是通过暴露矛盾、认识矛盾和提出解决矛盾的有效措施。

因此，否定之否定的过程贯彻于认识过程的始终，控制着整个认识过程；也因此否定之否定是辩证逻辑的基本思维规律。

我们所说的否定之否定的发展，不是循环论，而是一种周期

性的向上发展的过程。人们的认识在其发展的周期中，虽然有某些特征、特性重复出现，但是它不同于单纯的循环，因为它仅仅是某些特征、某些特性方面的重复出现，而且它是在更高的基础上出现的重复。否定之否定阶段不是简单地回到肯定阶段，而是在更高的基础上重复了肯定阶段的某些特征、特性。

事物发展的周期是三段以上的多段式。我们对客观事物的认识，包括客观事物本身的周期性发展在我们思维中的反映，往往是经过两次否定的三段式的。但是，不同领域的具体事物都按照它自身的规律发展，人们的思维活动的发展也是如此，倒底要经过哪些发展阶段，却是千差万别的，不仅三段难以概括，甚至四段、五段、六段……也难以穷尽。当然，思维过程和任何事物的发展过程一样有它的起点、经过和终点，但是经过点并不是一个几何点，而是一个或长或短的历史过程，中间有许多变化和转化，有时它由一次否定来完成，有时则由多次否定组成。例如现代天体物理学所揭示的恒星演化的起点是原始星云，由于吸引与排斥的矛盾，它为星胎所否定，星胎后来又为主序星所否定，主序星在它的发展过程中演化为红巨星，经过这样一系列的否定之后，质量较大的恒星在越过红巨星的阶段以后，发生恒星大爆炸，向外大量抛射物质，这些物质复归于原始星云。它是第一代恒星发展的终点同时又是第二代恒星发展的起点。

由于事物发展本身的周期性是多种多样的，因而我们对不同事物，不同过程，不同阶段，不同方面的认识的周期性也是不同的，它们的起点和终点及其否定方式也是不同的。

此外，否定之否定规律告诉我们，认识的发展虽是不断地前进上升的运动过程，但它不是直线式的，而是螺旋式的上升、波浪式的前进运动。这个运动过程的总的趋势是向上的、前进的。但这个运动的具体过程是迂回曲折的，甚至有认识上的倒退、转向。因此在认识的否定之否定的发展过程中，发展是螺旋式的上升、

波浪式的前进运动。也因此否定之否定的规律最确切地反映了人类认识运动、思维活动发展的客观规律。否定之否定的规律统帅着人类认识和思维活动的整个过程。

三、否定之否定规律在科学研究中的作用

由于人们对事物认识过程的基本逻辑规律是否定之否定规律（它本身也是客观事物上升发发的周期性律规的反映），因而科学史充满了按照这种规律发展、前进的事实。同时这条规律也就成了逻辑思维的一条基本规律，科学研究工作必须遵循的一条基本规律。

科学史发展的事实说明，随着人们的认识向深度和广度发展时，事物的更普遍的本质将不断地被揭露，新理论日益取代旧理论。每一次新旧理论的交替，都是一个否定之否定的过程。这种否定之否定的过程，同时也是思维运动中同时进行从个别到一般和从一般到个别的矛盾运动过程。科学的发展，首先是概括个别的认识使它成为一般的理论（这是一次否定）。这种理论在当时的实践范围、认识范围内是对事物的共性的反映，揭示了事物矛盾的普遍性和本质。但是随着实践的发展，人们扩大了认识的范围，使事物暴露出了更加普遍的本质，从而精确地限定了原来理论的适用范围（又一次否定），使它从原来认为的一般性认识再转化为个别的认识。每一种理论的发展，在经过这种“个别——一般——个别”的否定之否定的矛盾运动后，就成为一种更可靠、更精确的理论，使人们的认识不断从一级本质进到二级本质，再进到三级本质以至无穷。

在化学史上，门捷列夫的元素周期表反映出元素性质的周期性变化。这种周期性变化本身就是一种否定之否定的体现。在元素周期表里，我们可以看到第Ⅰ族的元素锂等碱金属，随着核电

荷的递增，而变为硼等非金属；随着这种非金属的核电荷的继续递增，又依次变为钠、钾、铷、铯等碱金属，从锂一硼一钠、钠一硅一钾、钾一砷一铷、铷一碲一铯等等变化来看，都是由碱金属变为非金属，再由非金属向碱金属回复的否定之否定过程。经过两次否定的碱金属的核电荷已大大增加，化学性质也比原来的碱金属更加活泼，更加强烈。

对这种化学元素性质的形成原因的认识也是经过一系列的否定之否定的。门捷列夫发现化学元素周期律时，认为随着质量的递增，元素的化学性质要发生周期性的变化。这在当时来讲已是一种一般原理，是反映了所有化学元素的共同特性的。但是把化学元素按质量大小的顺序排列后，却出现了例外现象，有三对元素在周期表中发生了颠倒，质量大的排列在前面，小的在后面，它们是：

{ 18号 氩(Ar) 质量 39.94
{ 19号 钾(K) 39.08

{ 27号 钴(Co) 质量 58.9332
{ 28号 镍(Ni) 58.70

{ 52号 锑(Te) 质量 127.6
{ 53号 碘(I) 126.904

后来，随着原了结构理论的发展，发现元素性质的变化的最根本原因，并不是门捷列夫所说的质量的变化，而是原子序数（原子核中的质子数）的递增。经过一次否定，对化学元素周期律的认识就又深入了一步。这一工作是1913年波尔(Niels Bohr，1885-1962)根据原子是由带电的粒子构成的学说，而创造的电子一核子式的原子模型而完成的。从此以后，开始用电的特性和原子的状态（首先是用原子核阳电荷的大小）来说明元素的化学特性。波尔和他的学生认为原子的质量在化学性质上，根本没有作用，对化学状态毫无影响。他们以同位素作例证，同位素是同一元素的变种，具有不同的质量，但是化学特性是相同的，如氯-35和氯-37。这样对元素的化学特性形成的原因就用化学电学的见解代

替了力学见解。

物理学和化学的继续进步，又否定了对元素的化学电学见解的片面性。后来的发现，特别是伊伦和约里奥·居里夫妇(Pierre Curie, 1859-1906; Marie Curie-Sklodowska, 1867-1934)关于人工放射性的发现，证明了核的质量对于自己的电荷起着一定的作用，同位素质量的变化在某种程度上包含着电子或阳电子的放射，因而也包含着核电荷的变化，也就是说包含着一种元素向另一种元素的转化。于是发生了否定之否定；发生了似乎是向门捷列夫关于原子质量的作用这种最初观念的回复。但这种回复并不是机械的，也不是完全的，而是新的、更高级的基础上发生的回复，是两个曾经相互否定的方面的统一。

在物理学史上，牛顿力学的建立，概括了惯性原理和引力理论，为人们提供了认识机械运动的一般理论。这个理论的一个基本概念是超距作用，它假定光速是无限大的，信息的传播不需要时间。但是麦克斯韦的经典电磁理论却预言光是一种电磁波，而它在真空中的传播速度为 $3\times10^8 m/s$。不久，这一预见为赫兹(Heinrich Roudolf Hertz, 1857-1894)的实验所证实。后来，迈克尔逊一莫雷实验又否认了以太的存在，就发现了两种对立的时空观：如果光速是无限大，信息传递无需时间，那么必须承认“同时”是绝对的；如果光速是常量，而且不依赖于光源的运动状况，那么就得承认“同时”是相对的。这样在经典物理旧概念基础上发展起来的电磁波理论，就是否定经典物理自己的新因素，而且它为狭义相对论的建立开拓了道路。狭义相对论和量子力学的创立，使牛顿力学失去了普遍意义，成为只是描述宏观物体在低速运动状态（这时，物体的运动速度比光速小得多，可以近似地把光速看作无限大）的特殊理论。而当物理学又进一步进入微观高速领域时，狭义相对论和量子力学又都失去了普遍有效性，又为更一般的理论——相对论性量子力学所代替。人们通过

一系列的否定之否定而更深刻地揭示、认识事物运动发展的物理规律。

在数学中，微积分学在创建时，牛顿运用的是实无限小的概念，在工程技术上应用起来虽然正确有效，但在理论上有许多解释不清楚的问题，后来柯西等人用潜无限的概念来代替实无限的概念，把无限小看作不等于零而无限接近于零的过程，用极限理论作为基础建立了经典微积分学。本世纪60年代，美国数学家鲁滨孙提出了非标准分析的思想，又恢复实无限小的概念。

可见，学科发展的过程到处体现出否定之否定的规律的作用。作为辩证思维的基本规律的否定之否定规律，制约着我们人类的认识（包含科学认识）活动，如果我们自觉地掌握和运用这个规律，因势利导，必能促进我们的科学研究工作迅猛发展。

注：

①黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第428页。
②恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第46页。
③黑格尔：《精神现象学》上卷，商务印书馆1979年版，第2页。
④同③，第24页。
⑤黑格尔：《逻辑学》上卷，商务印书馆1977年版，第35、36页。
⑥马克思：《资本论》第1卷，人民出版社1963年版，第111页。
⑦同②，第212页。
⑧同②，第211-212页。
⑨马克思：《资本论》第1卷，第2版跋，人民出版社1963年版，第XXIII页。
⑩马克思：《哲学的贫困》，《马克思恩格斯全集》第4卷，第142-143页。
⑪恩格斯：《路德维希·费尔巴哈与德国古典哲学的终结》，《马克思恩格斯选集》，第4卷，第240页。
⑫《列宁全集》第38卷，第239页。

第五节 辩证逻辑的思维规则

在人们进行逻辑思维活动时，为保证思维活动的正确性，和思维结果的真理性，除了必须遵循思维规律外，还得遵循一些必要的思维规则。在文字上规则与规律可以通用，规则也是指规范而言。我们这里讲的思维规则，是指那些作用比规律小，适用范围较规律小，而又是正确思维所必须遵守的一些规范和方式。

在辩证思维活动中，在科学研究中，也应该遵循逻辑思维规则，例如真理的两次证明规则，建立新理论要具备解释、相融和预见三条件的规则等。

为了防止思维活动犯“无限外推”的错误，一个认识的真理性都要经过两次的逻辑证明，即首先从质的方面证明内容是正确无误的，然后还要从量的方面证明适用范围的大小。在狭义相对论和量子力学产生以前，人们认为牛顿力学可以适用于一切领域，但当外推到高速微观领域时，却得到错误的结果。运用相对论证明了牛顿理论的适用范围，就可避免无限外推的错误，使牛顿理论的正确性及其适用范围得到应有的证明。

在科学研究得出新的成果，并建立新的理论观点时，必须具备以下三个条件才能成立。（一）能概括科学研究中出现的新现象，解释新发现的事实；（二）同旧理论相融，或使旧理论成为新理论的一种特例；（三）做出新的科学预见，并被实践所证实。任何新理论的建立，在逻辑上都要具备这三个条件，缺乏其中任何一条就会使提出的新理论失去应有的科学价值。

第五章 辩证逻辑的思维方法

第一节 思维活动的纵向剖析和横向剖析

人类的思维活动是十分复杂的，我们对思维过程进行研究时，也和对其他客观事物的研究一样，要做各种分析、抽象，也就是要从不同的角度、侧面把思维活动剖析为各个不同的小的过程、阶段，用反思的方法提练成许多描述思维活动的概念、范畴。当然在实际的思维过程中，不是像经过抽象后所表述的那样清晰和有条理，而是各个阶段、方式、侧面同时交叉存在和叠加地进行的。但是不加以剖析、抽象，甚至简单化，就无法对思维活动进行研究和描述。对人类思维活动过程的剖析，从大的方面来讲，可以分成纵向剖析和横向剖析两大类。

所谓对思维活动过程进行纵向剖析，是指对思维活动的一个过程作从起点到结束（告一段落）的整个过程的阶段性分析。辩证唯物主义中认识论部分所阐述的从感性认识到理性认识，从感觉、知觉到表象，再到悟性和理性的各个阶段及其相互关系就是从纵向方面剖析认识过程和思维活动过程。

所谓对思维活动进行横向剖析，是指对思维活动的一个过程中，就其如何实现感性认识到理性认识的飞跃，以及理性认识本身又如何发展、提高进行横向分析。这种横向分析，从逻辑学的角度来讲，就是研究思维方法。

比较、分类、类比、归纳、演绎、分析、综合等是自然科学、工程技术科学中常用的基本逻辑思维方法。这些逻辑方法在科学研究

中都有作用，也都有一定的局限性。其中任何一种方法都不是唯一的，在科学研究中通常也是交叉、综合使用几种科学方法的。

人们在认识活动中，在辩证思维活动过程中，为了揭示和把握事物发展的规律，从而获得真理性的认识，必须运用符合辩证规律的科学思维方法，这些科学的思维方法就是辩证逻辑的思维方法。辩证逻辑的思维方法主要有：归纳和演绎的统一，分析和综合的统一，具体与抽象的统一，历史与逻辑的统一等。这是一些彼此区别而又互相联系的逻辑方法。孤立地看，任何一种逻辑方法在认识真理中都有各自的重要作用，但是任何一种方法都不能独立地完成科学认识的繁杂任务。恩格斯在强调归纳与演绎并未穷尽推理形式、逻辑方法的全部内容时说："这些人陷入了归纳和演绎的对立中，以致把一切逻辑推理形式都归结为这两种形式，而且在这样做的时候完全没有注意到：(1) 他们在这些名称下不自觉地应用了完全另外的推理形式，(2) 只要他们不能把全部丰富的推理形式都硬塞进这两种形式的框子中，就把这一切丰富的形式全部去掉了，(3) 因此他们把归纳和演绎这两种形式甚至变成了纯粹的蠢话。"①恩格斯又以卡诺(Nicolas Sadi Carnot 1796—1832)对蒸汽机的研究为例，说明对十万部蒸汽机情况的归纳所得的结果，不如对一部蒸汽机的分析所得的结果。这些都说明我们对辩证思维进行横向剖析，分成四种辩证逻辑方法来加以研究时，要注意到现实的科学研究的思维活动中，这些方法又是互相渗透，互相补充，同时运用的。

辩证逻辑的思维方法是人们进行辩证思维的普遍性方法，是人们进行科学认识的工具，因而也是具有普遍意义的科学方法。逻辑方法，特别是辩证逻辑方法的研究有助于科学工作的顺利进行，但是方法的选择和运用得当还有赖于研究工作者自己的科学素养。

辩证逻辑的思维方法与辩证法是一致的，这种一致是指我们

在第二章第二节里讲的自然界和精神的统一、主观和客观的统一。但是客观辩证法无方法论作用可言，它要转化为主观辩证法才有方法论意义。也就是说辩证法的规律要经过转化、经过人的主观能动作用成为逻辑方法才有方法论作用。

逻辑方法是人类认识能力的结晶，在不同的认识发展阶段、科学发展阶段就要求和产生不同的逻辑方法。例如当科学的发展主要处于从具体到抽象的阶段，研究工作主要是把握各门科学的种、属特征，就要求和产生形式逻辑的分析方法。当科学的发展主要处于从抽象上升到具体的阶段，研究工作主要是把握各范畴环节之间的辩证关系，研究各门科学理论的形成和发展，就要求和产生辩证逻辑的分析方法。

对思维运动进行横向剖析，是既包括形式逻辑的思维方法，也包括辩证逻辑的思维方法在内的。当然就现代人的思维，尤其是进行科学研究工作时的思维活动来说，主要是辩证思维。本章的内容也主要是阐述辩证逻辑的思维方法。

第二节　归纳与演绎的统一

在逻辑学发展历上，或是在现实的思维中，归纳和演绎都是相对应的两个概念，它们无论用来表示两种认识过程，还是两种思维方法，都是指的从特殊过渡到一般和从一般过渡到特殊，而不是什么别的意思。归纳和演绎是两种推理形式。推理这个名词有两种意义：第一、是从一个或几个判断的思维活动推出一个新判断的整个思维活动，从而也意味着新判断的整个形成过程。第二

注：

①恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社 1971 年版第204页。

②同①，第 207 页。

是作为上述思维活动的结果的新判断本身。在逻辑学上，为避免误解，把第一种情况称作推理，把第二种情况称作结论。归纳与演绎就是第一种思维活动情况的两种思维方法、两种推理方式。

推理是一种中介和加工，它使思维的发展成为可能，也正是推理把抽象思维从概念、判断这种较低的思维机能提高到更高的阶段。

辩证逻辑所研究的演绎推理和归纳推理都不是用来处理简单的、形式的个别（特殊）和一般的关系，如个体与种、种与属的关系等；而是用来处理从已知求出未知，从现象到本质，从一级本质进入二级本质等认识过程中的个别（特殊）和一般的关系。在辩证逻辑中，归纳推理的结论是前提知识的概括与推广，是比前提更为一般的判断；演绎推理的结论通常是前提中一般性知识的具体应用，因而与作为前提的出发知识相比也是新的知识。在辩证逻辑所研究的归纳与演绎方法中，更多的是针对事物发展过程低级阶段与高级阶段这种个别（特殊）与一般的关系，是从对象的变化、发展中运用和提练思维方法。

一、演绎法及其方法论意义

演绎是从一般到个别的推理方法，是以某一结论为前提推论出个别事物的特性的认识过程。按照《中庸》的解释，“演”的本来含义是“讲解”，“绎”的本来含义是“探求”。严复曾将演绎法意译为“外籀”。

亚里士多德的逻辑学就是以演绎法为主的。他在《工具论》的《分析篇》中曾对三段论下过定义，这个定义翻译成现代的话来说就是：三段论是从两个判断推出这两个判断所可能推出的，为这两个判断所规定的第三个判断即结论的推理。亚里士多德在说明他的定义时，明确地强调指出，新判断是必然从前面的

两个判断中推出的；为了得出这个必然的结论，根本不需要任何其他外加的概念、判断。

关于三段论的格式，我们在第三章有关推理这种思维形式的部分中已叙述过。三段论的最具有特色的形式就是一个一般的判断推出一个新判断。亚里士多德论证了推理是一个过程，是思维活动的产物，而不是先天观念的构成物。这样对柏拉图的理念论以及其他形而上学的逻辑体系给予了致命的打击。

三段论的演绎推理有一条公理，即"关于遍有和皆无的原理"（dictum de omni et de nullo）。这条公理的内容是：对于包含着一定总和的对象的类所肯定的一切东西，对于属于这个类的任何个别对象都是肯定的。对于包含着一定总和的对象的类所否定的，对于属于这个类的任何个别对象都是否定的。也就是说我们对于种或属可以肯定（或否定）的东西，对于这个种或属所包含的一切就可加以肯定（或否定）。这条公理实际上是部分和整体关系的数学公理在逻辑学中的具体化。如果某个部分（A）是整体（B）的一部分，而这个整体又是某个更大的部分（C）的一部分，那么（A）也是（C）的一部分，中词（B）一方面对（A）来讲是整体，另方面对（C）来讲又是部分。例如："所有的行星都是球形的，地球是行星，所以地球是球形的。"在这里"球形"（P）是中词"行星"（M）的特性，而（M）是"地球"（S）的特性，所以"球形"（P）也是"地球"（M）的特性。在这个演绎推理过程中，借助于中词（M），判明了中介作用，使一般原理推向一个个别的结论。中介在这个演绎推理过程中具有决定性的意义，是不可缺少的。

三段论式的演绎推理除了直言推理外通常还采用假言推理和选言推理的形式。

假言推理是这样的推理，其中至少有一个前提即大前提是假言判断。假言判断包含着一个（或几个）条件，在这个（或这几个）条件下，主词归属于给定的谓词。例如：

肯定式　　如果 S 是 P，则 S_1 是 P_1

$$\frac{S\text{是}P}{\text{所以}S_1\text{是}P_1}$$

否定式　　如果 S 是 P，则 S_1 是 P_1

$$\frac{S_1\text{不是}P_1}{\text{所以}S\text{不是}P}$$

假言推理（更确切些说是包含着假言前提的直言推理）与直言推理具有同等的意义。假言推理的必要条件是，要有"如果 S 是 P，则 S_1 是 P_1，"这种类型的假言判断。但是这种关系本身并不是通过演绎获得的，而是从经验获得的。

选言推理是指前提中至少有一个，如大前提是选言判断的推理。如果一个前提是选言判断，而另一个前提是直言判断，那么这样的推理还将称为选言直言推理。例如

肯定式　　S 或者是 P_1，或者是 P_2，或者是 P_3

$$\frac{S\text{既不是}P_1\text{也不是}P_2}{\text{所以，}S\text{是}P_3}$$

否定式　　S 或者是 P_1，或者是 P_2，或者是 P_3

$$\frac{S\text{是}P_1}{\text{所以}S\text{既不是}P_2\text{也不是}P_3}$$

选言推理必须遵守的规则有二。(一)在大前提中必须列举析取的一切子项，亦即谓词的全体必须与主词的外延相等。(二)大前提的谓词必须是互相排斥的，否则就既不能成立肯定的选言推理，也不能成立否定的选言推理。

无论在科学研究中或日常生活中，我们还经常使用省略式的三段论推理来进行演绎。在省略推理中，三段论的一个构成部分（构成三段论推理结构的三个判断中的一个）不用语言、文字等方式表达出来，而只是暗含在这一推理之中。省略的既可以是大前提或小前提，也可以是结论，只要省略的是三段论的一个环节即可。只有一个判断不能形成省略推理，但是，包含三段论

的两个构成部分的一个命题则可以表明一个省略推理。例如医生说："化验的结果是阴性，所以不是糖尿病。"这是一个缺大前提的省略推理。

数学推理的基本形式（如$A=B$，而$B=C$，则$C=A$）也是省略推理的一种特殊形式。

在日常生活中，我们只要运用一些简单的推理就可完成演绎过程，但是在科学研究中表达思维活动的演绎过程，往往要用复合推理的形式。也就是说科学思维的推理过程，不管是明白陈述出来的还是暗含着的，都是复合推理。它们以先行的推理或推理的整个系列为基础，当然并不以三段论的推理为限。复合推理及其形式——联列三段论(Polysy llogismus)是科学思维的必要形式。

在由几个三段论构成的复合推理中总有一个共同的判断。如第一个三段论的结论是次一个三段论的大前提。这样，第一个三段论就称为前三段论(Prosy llogismus)，第二个称为后三段论(Episy llogismus)。从前三段论过渡到后三段论称为顺进的复合推理，如果推理过程与此相反，则称为逆退的复合推理。

在科学思维的演绎过程中如果不是两个三段论的关系，而是一系列的三段论，那在逻辑学上就叫做三段论的连锁，或推理的连锁。如果三段论的结构是省略式的，逻辑学上就叫做连锁推理(Sorites)。在连锁推理中，最后结论是根据各个三段论的结论做出来的，而三段论的的前提往往是省略的，中间环节则是暗含着的。这种连推锁理简单明了，表现效果甚好。

由于连锁推理省略了从活生生的实践中抽取出来的前提，因而造成一种假象，仿佛不依靠经验而只借助于"纯逻辑方法"就可以得出结论。欧州中世纪的经院哲学就利用这种假象来进行推理证明，从而损害了演绎法的声誉。德国著名诗人歌德就在其名著《浮士德》中说：

哲学家要走来教你，

"第一格是这样，第二格是这样，
因此第三格，第四格必须是这样；
假如没有第一、第二格，
那么永远不会有第三，第四格"。
学生都对老师尊敬赞扬，
可是却没有人能够用经线织出布匹。①

"可是却没有人能够用经线织出布匹"，这是对经院哲学的三段论理论的中肯的批判。但是，这不等于说三段论、演绎法是无用的，恰巧相反演绎法是一种有效的逻辑方法。在历史上三段论理论曾被用来替神学上的各种命题辩护，从世界观上来说变成了神学的辅助手段；但是只要加以正当的运用，三段论仍是一种基本的逻辑思维方法。

科学史表明演绎法是科学认识中的一个十分重要的方法。欧几里得证明素数有无限多个，就是运用演绎法。设有n个素数：P_1，P_2，……P_n，没有比P_n更大的素数了，然而$P_1 \times P_2 \times P_3 \times \cdots\cdots \times P_{n+1}$这个数，或者是一个素数，它显然比$P_1$，$P_2$，……$P_n$都大；或者它按照初等数学的定理要包含比它们都大的素数因子。不论是那种情况，都证明了有更大的素数存在，因而素数有无限多个。伽里略驳斥亚里士多德的"从高空下落的物体，重的要比轻的快得多"的论断，也是运用演绎法。设物体A比物体B重得多，按亚里士多德的论断，A、B在高空同时下落时，A应比B先落地。若将AB捆在一起成为物体$(A+B)$，则它下落时按照亚里士多德的论断，就互相矛盾。因为一方面$(A+B)$比A重，它应比A先落地，另一方面由于B比A慢，因此B应减慢A的下降速度，因此$(A+B)$又应比A慢落地。天文学上海王星的发现是数学演绎法强大威力的显示。1871年发现天王星后，科学家们注意到它的位置总是和根据万有引力定律计算出来的不符，于是有人怀疑万有引力定律的正确性。但也有人认为，这可能是

受另一颗尚未发现的行星所吸引的结果。当时虽然有不少人相信后一种假设，但都因为这一件工作非常困难而缺乏勇气去寻找这颗可能存在的行星。当时英国有一位年方二十三岁的剑桥大学学生亚当斯 (John Couch Adams, 1819—1892) 勇敢地承担了这项工作。他利用引力定律和对天王星的观察资料，反过来推算这颗未知行星的轨道。经过两年的努力，他从理论上预测到海王星的存在。他在1843年10月21日把计算结果寄给格林威治天文台台长艾利，但艾利未加理睬。又过两年法国一位也研究这问题的青年勒威耶(Urbain Jean Joseph Leverrier, 1811—1877)也取得了成果。他于 1846 年 9 月 18 日，把结果告诉柏林天文台助理员加勒(Johann Gottfried Galle, 1812—1910)。23 日晚，加勒果然在勒威耶预言的位置上发现了海王星。

三段论的演绎法也有它的局限性。第一，三段论以这样一点为前提，即三段论据以成立的全称判断必须是已知的；第二，三段论只能反映现实存在的关系中的一种关系，即三段论只有它在反映单一和一般的关系的时候，并且只是在这个限度内，才是必要的。

演绎推理不管如何严密，只要它所依据的前提、公理有问题，结论就不可靠。仍以天文学为例，还是那个法国人勒威耶，后来又发现水星的轨道与计算也不一致，他根据上次的经验，又假定还有一颗行星存在于水星和太阳之间。但是这颗行星却怎么也找不到，天文学界为此苦脑了五十多年。直到相对论问世，才弄清楚万有引力定律的准确性是近似的，在天体运行中，越靠近太阳准确性就越低，所以在计算水星轨道时，应作一些修正才能与观察的实际结果相符。

二、归纳法及其方法论意义

归纳法是从个别到一般的推理方法。归纳法是以人们的经验

和实验为基础，从部分事物的特性中概括出一般结论的认识过程。

"归纳"一词导源于希腊文 $\varepsilon\lambda\alpha\gamma\omega\gamma\eta$，后来翻译亚里士多德的著作时，拉丁文译作 Tnductio，欧洲各国文字都据此转译。在我国，严复曾将它意译为"内籀"意谓"由散实以见公例"②。译成"归纳"始于日本，也是意译，大致上表达由个别概括到一般，与"由散实以见公例"的基本意义相同。

归纳法的出现是由于思维活动中的这样一种情况，即演绎推理，如伽利略所正确发现的，只有从现有的前提出发才是可能的，因此演绎的思维总是在一定的范围内进行，归纳推理的目的就是利用新的事实、新的经验材料，但是归纳不是任何事实和观察的总和，也不是经验和观察材料的简单总括。归纳推理有自己的规则，而只有遵守这些规则才能得出正确的归纳结论。

在科学归纳法产生以前很久，人类就创造了一些初步的归纳方法。在日常生活中，我们常常运用简单的、初步的归纳推理，但是对较复杂的联系，初步的归纳推理就不够了。随着生产的发展和科学的发展，就逐步产生和形成科学归纳法的各种形式。与古代的和中世纪的科学比较起来，近代科学的特点不仅在于它大规模地利用归纳推理，而且在于它制定了，并完善了科学归纳法的各种形式和方法。

到17世纪，西欧各国随着生产力的发展，科学技术得到了进一步的发展，力学、流体力学、光学、磁学和化学都已经奠定了基础，铁的冶炼技术和采煤方式有了突出的进展。在这种科学技术状况下，要获得新的知识，就要求更多地着重经验和实践，要求有精密的观察和实验，以及与之相适应的正确思维方法。亚里士多德《工具论》中的逻辑推理已不能满足实际需要，而自然科学发展的新成果也为新的思维方法提供了大量的资料。F·培根适应时代的要求，较全面地研究了归纳法问题。培根是英国唯物

主义和整个现代实验科学的始祖。马克斯写道："在他的眼中，自然科学是真正的科学，而以感性经验为基础的物理学则是自然科学的最重要的部分。"在培根那里，"物质带着诗意的感性光辉对人的全身心发出微笑。"③培根强调经验在认识中的作用，写了《新工具》一书，创立了探求事物因果联系的科学归纳法。培根在《新工具》一书中写道："寻求和发现真理的道路……是从感觉与特殊事物中把公理引伸出来，然后不断地逐渐上升，最后才达到普遍公理。"④"在拒绝和排斥的工作适当完成之后，一切轻浮的意见便烟消云散，而最后余留下来的便是一个肯定的、坚固的、真实的和定义明确的形式。"⑤培根又说："现在科学需要这样一种形式的归纳法，它分析和分割经验，通过适当的排除和拒斥过程导致不可避免的结论。"⑥他还根据这种要求，运用大量自然科学成果，制定了"三表法"（即本质和具有表，差异表，程度表），后来英国逻辑学家惠威尔（William Whewell，1794—1866）对归纳逻辑作了大量研究，写成《归纳科学史》、《归纳科学哲学》等名著。英国的天文学家、数学家约翰·赫舍尔(John Prederick William Herschel,1792—1871)在1832年出版了《自然科学研究导论》一书，总结了当时自然科学研究中的归纳方法。稍后，穆勒又进一步对归纳逻辑作了详尽而系统的研究，补充和完善了从培根开始的归纳逻辑，发展成逻辑学中著名的探求因果联系的五种方法（参见第三章第一节）。

亚里士多德在其逻辑学中也探讨过归纳法。亚里士多德的归纳法是与三段论相反的，由个别过渡到一般的一种推理形式，并只涉及完全归纳推理和简单枚举归纳推理。尽管他也提到了三段论要由归纳提供一般的原理作前提，不通过归纳就不可能认识一般，但由于当时生产力水平的低下和人的认识能力的限制，他没有，也不可能提出科学归纳推理的问题。

培根研究的归纳法和亚里士多德考察的归纳法并不完全一致，培根所研究的归纳法主要是一种认识方法，是一种研究现实的科学方法，而亚里士多德的归纳法则是作为一种与三段论不同的推理形式。作为认识现实的归纳法是建立在观察实验的基础之上的，是从经验材料中概括出一般原理的认识；而作为特定推理形式的归纳推理则是建立在现有思维材料的基础之上的，是从一些特殊性（个别性）的判断中推导出一般性判断的结论。尽管二者的进程都是从特殊（个别）过渡到一般，但它们之间存在着明显的区别。

当然，培根提出它的归纳法，主要是针对亚里士多德的三段论演绎法的。培根认为亚里士多德的三段论在处理日常事务或发表议论时是合宜的，但要用来应付自然，则嫌不足。如果它一定要干预它所不能驾驶的东西，结果不但不会给真理开辟道路，反而会把错误确立和保留下来。因为第一、自然界的事物很精微，单凭三段论不可能发掘出它们的奥秘。第二，三段论的结构是由命题组成，是以概念作为基础的。而亚里士多德引入三段论的概念，如本体，性质，轻重，疏密等都是虚构的，这样三段论的推理必然要陷入错误，并通过论证的形式巩固这种错误。第三，三段论不能建立第一原理或最一般的原理，也不能解决概括性较低的中间公理的问题。第四，三段论不和观察、实验相结合，只是空洞的推论。第五，三段论不能发现真理，而强求人们同意它的结论。培根认为不能轻视那些人们不易接受的事实和原理；不能把那种只是一般人信仰的对象或人们较喜爱的东西当作真理。科学的结论应当摆脱一切被信仰的东西和没有充分论证的东西。培根说，有人把庙里一些在海上遇险得救的人的还愿的图画指给一个人看，并且要他说现在他是否承认上帝的威力，这时候这个人却作了一个很好的回答，即反问题："是的，但是那些许愿以后淹死的人的画，在哪里呢？"培根认为这个人回答得对，这些和结论相矛

盾的场合是不能忽略的。他认为当时所使用的逻辑（指亚里士多德奠基的形式逻辑），与其说是寻求真理，不如说是保留和加深一般公认的概念所根植的错误。

上述培根对亚里士多德的批判虽然有片面性，但还是有一定的道理的，因为他强调了逻辑不应该象亚里士多德那样只运用抽象的概念而是必须同认识自然的科学实践结合起来。他说："我的逻辑的目的在于指示和教导理解力，不要用心智的微弱的卷须来捉取和执着抽象的概念（象普通逻辑那样），而是要认真分解自然，发现物体的性质和作用以及在物质中的确立的规律。这种科学不仅仅发源于心智的本性，还由事物的本性而来。它到处散布和援引对自然的思考和实验作为我所教的艺术的例证，这是不足为奇的。"⑦培根的理想是将归纳逻辑同科学发现的方法统一起来。他指出："如果一个能作到的不是作出某种特殊的发明，不管它是如何有用，而是在自然界里燃起一线光明，这一道光将在它上升的过程中触及并且照亮围绕着我们现有的知识的边缘地区，然后在这样一点一点地向前扩展过程中，不久就可以把世界上最隐蔽的东西揭露出来，使人们能看得见；那个人（我想）才真正是人类的恩人——是人类对宇宙的统治权的建立者，捍卫自由的战士，克服困难的英雄。"⑧

培根的归纳逻辑的最终目的是使人能够支配自然，因此他的逻辑不同于亚里士多德的逻辑，不是强调编造出足够的论据来战胜对方，而是创造一种方法来指导科学研究工作和制订工作计划。培根认为，必须借助经验并用思考和真正的归纳法把物体加以分解和剖析。拿这物体同其他物体比较，同时要把它们化为简单的性质并把它们聚合成复合体的形式。为了保证归纳逻辑遵循他的意图，培根制订了一些归纳逻辑的基本原则，这些原则是他的逻辑思想的组成部分，是他为归纳推理所建造的轨道。由创造概念，进行概括判断，到运用排除法，最后建立假设以把握真

理，彼此衔接，逐步上升。这就是培根的逻辑思维过程，也是他的认识过程。在培根那里逻辑也是和认识论一致的。

培根建立的归纳逻辑的第一个原则是概念要健康。培根认为概念是推理的立足点，是构成推理的原始素材，如果概念不健康，那么推理和结论就都不可能正确。所以健康的概念是取得科学知识和认识真理的关键。至于怎样才能创造健康的概念，培根认为概念必须由事实经验而来，概念必须反映客观事物。培根提出要注意个别事实及其关系和秩序，要认真地熟悉事实，永远拒绝先入为主的概念。他要求人们放弃一切用来解释自然而纯属思辨性质的概念，或拟人观的概念，诸如和睦、倾轧、同情、憎恶等等。培根提倡面向自然，从各事物中抽绎出共有的特征，加以综合而构成概念。这种概念只反映事物的外部联系，还没有深入到它的本质关系，所以培根称之为简单性质的概念，如生死、冷热等。

概括要逐步深入是归纳逻辑的第二个原则。培根说："只有根据一种正当的上升阶梯和连续不断的步骤，从特殊的事例上升到较低的公理，然后上升到一个比一个高的中间公理，最后上升到最普遍的公理，我们才可能对科学抱着好的希望。因为最低的公理和赤裸裸的经验只有很少的区别，而（我们现在所有的）最高和最普遍的公理则是概念性的、抽象而不坚固的。但是中间的公理则是真正的、坚固的、活的公理，人的事情和幸福都以之为依据。"⑨培根根据抽象程度不同，把公理分成最低、中间和最高三种，最低的公理同经验和实验材料接近，内容比较具体，中间公理由最低的公理概括而来，加深了抽象的性质。这类真理真实、可靠而富有生命力，特别有助于指导人类事业的活动。最高的公理是对中间公理进一步概括的产物，最为抽象；要保证自己的确实有效性，它必须受到中间公理的限制。

培根特别重视中间公理的作用，而忽视最高公理的作用，这

是当时自然科学发展水平及与这种水平相适应的形而上学思维方法决定的。

培根提出概括要逐步深入的原则，大体上揭示了人类认识的基本情况，即由不知到知、由初级到高级逐步上升的情况。在科学上有很多这样的事例。如伽利略观察了落体现象，提出落体定律，表述了地球对物体有吸引力的规律。其后，刻卜勒又依据第谷的观察资料和他本人的刻苦钻研，提出行星运动规律，进一步指明了吸引力存在于月球和地球以及行星和太阳之间的事实，为创立统一的古典力学体系奠定了基础。再后，牛顿提出万有引力定律，表明任何两个物体之间都有引力作用，这是古典力学中最一般的命题。

运用排除法是第三个基本原则。培根说："因此，真正归纳的首要工作（就形式的发现来说）乃是在于拒绝或排斥这样一些性质，这些性质是在有给定的性质存在的例证中找不到的，或者在给定的性质不存在的例证中找到的，或者是在这些例证中给定的性质减少而它们增加，或给定的性质增加而它们减少的；这样，在拒绝和排斥的工作适当完成之后，一切轻浮的意见便烟消云散，而最后余留下来的便是一个肯定的、坚固的、真实的和定义明确的形式。"⑩也就是说，在研究过程要排除这样一些特性：这些特性在存在有非该事物应有的性质时不存在，而在没有这一性质时它们却存在。这样便可据以找出现象的真正原因、真正形式的特性。

这种排除法在归纳推理过程中有一定作用，但从逻辑理论上来讲是有缺陷的。首先，排除法隐含着这样一种形而上学的假定：宇宙间事物的因果关系从数量上来讲是有限的，通过排除法逐步缩小所涉及的范围是发现这类因果关系的重要步骤。其次，培根没有了解用否定事例的办法来论证公理是不可能的，因为尽管我们知道什么不是某一现象的原因，但不能由此知道什么是它

的原因。运用排除法只能缩小寻求原因的范围，提高发现事物真实原因的可能性。

建立假设是第四个基本原则。培根认为假设是在归纳过程中产生的，标志这一过程的转折点或飞跃，是经验积累和分析思考相结合的结果。培根所说的"暗示"、"预测"就是这种假设。

培根认为暗示可以激发人们的心灵来追忆以往的知识，可以指导研究工作，帮助思考和提出问题。问题的提出，表示研究人员搜集了一定的材料，对研究对象有了一定的了解。培根正确地认为在事物材料和提出问题之间的关系是在以经验和实验为基础的思维活动，这种思维活动就是暗示。培根也很重视预测，认为预测能进一步总结经验开展工作。概括性越强的预测，越能把实验材料整理出一个头绪，构成一条线索，从而确定解决问题的关键所在，为重新检查和制定实验计划准备条件。预测是一种抽象思维活动，培根承认预测的作用，就是赋予抽象思维活动以一定的地位。他深信有了充足的准备以后，让理解力发挥作用是有益的。理解力发挥作用的重要目标就是建立假设。

归纳法在科学研究中具有重要的作用。培根认为经验主义者像蚂蚁，只知道收集材料，理性主义者（主要指经院哲学家）像蜘蛛，只凭自己吐的丝来搭网，而真正的研究工作应该像蜜蜂酿蜜那样，既要从花丛中采集材料，又要用自己的力量来加以消化和改造。培根认为要用思维对经验进行加工，要运用归纳法才能获得真正的知识。

演绎推理是必然性推理，只要前提真实，推理形式正确，推出的结论必然是真实的，结论和前提之间的联系是必然的。

归纳法所得的结论是否一定正确呢？完全归纳推理的结论是正确的，不完全归纳推理的结论是否正确，就要看情况而定。

完全归纳法是从个别事实的整个总和做出一般结论的归纳推理，用逻辑语言来说，就是：在大前提中表现出来的主词的外延

和谓词的外延是一致的，因而它的推理结论也一定是正确的。完全归纳法有一定的意义，因为它以一般结论的形式，把通过单称判断的形式所已经获得的知识固定下来。但是严格的讲，完全归纳法不是真正的归纳法。因为所谓归纳法包含着这样一种思想：根据已知的单称命题推出关于未知事实的结论，亦即归纳法如果要成为有用的、具有一定程度创造性的，它就不应该是完全归纳法。完全归纳法从科学研究的角度来看并不提供任何新的知识，而只有不完全归纳法才能提供新的知识。在自然科学和工程技术科学的研究中运用完全归纳法也往往有困难，这不仅因为在我们观察研究的对象中，有些含有无限多个对象，根本不可能穷举它们，而且因为穷举那些有限的事物也不是一件轻而易举的事，所以科学工作者往往只根据部分对象具有某种属性而作出概括，就是运用不完全归纳法。

“完全归纳法”这一名词在数学中与在逻辑学中有着不同的意义。数学中的完全归纳法是指从 n 推出 $(n+1)$ 的推理。如果 A 是真的，因而 A_n 也是真的，那么 A_{n+1} 也是真的。因此 A_n 对一切正整数说来都是真的。显然，这里所谈的完全归纳法与在逻辑学中的含义不同，它是归纳法与演绎法的一种特殊的结合。数学中用完全归纳法的目的就是要证明，关于包含着无限多数值的数列的命题，无须检验一切场合（这也是做不到的）就可以保持自己的真实性，如果属于一个群的一切场合形成一个无限的数列，如果关于这个群的命题适用这个数列的某一要素、某一场合，如果因此这一命题对其次的要素说来也是有效的。那么，在这种情况下只检验这个数列的第一个要素就够了。从这一要素的真实性可以推出命题对于数列的一切依次相继的要素都是真实的。

在第三章我们已阐述过不完全归纳法又可分为简单枚举归纳法和科学归纳法两种，其中科学归纳法是有效的逻辑方法，简单枚举归纳法往往有以偏概全的缺陷。

简单枚举归纳法得出的结论的证明是薄弱的，在日常生活中运用，通常也是正确的。但是这种推理方法却不能满足科学研究的要求，在科学认识中它只能起辅助作用。

科学归纳法是：如果在前提中不仅列举了某些分子具有某些情况，而且分析了具有这种情况的必然联系，从而推出一般性的结论。

科学归纳法所得结论的正确性，主要不依靠其前提断定对象的多少，而在于分析对象和情况之间的必然联系是否准确的，在使用科学归纳法的推理过程中，如果前提是真实的，分析对象和情况之间的必然联系是准确的，那么按照这种推理所得的结论必然是真实的。

科学认识的任务，在于透过事物的现象揭示其本质和规律性。要解决这一任务就必须判明现象间的因果联系。科学认识的过程可以说，就是人们不断探求事物的原因，不断深入把握事物本质的过程。列宁说："真正地认识原因，就是使我们的认识从现象的外在性深入实体"⑪。所以，如何判明现象间的因果关系，是科学方法论和逻辑学的一个主要课题。因果联系的特点有二：一、原因必然是先行于结果的现象；二、原因必然是作用于结果并引起结果的现象。判明现象间的因果联系，确定某一现象的原因，就是要在这一现象的诸先行现象中找出作用和引起这一现象的现象来。恩格斯指出："为了了解单个的现象，我们就必须把它们从普遍的联系中抽象出来，孤立地考察它们，而且在这里不断的更替运动就显现出来，一个为原因，另一个为结果。"⑫英国逻辑学家穆勒，就是在培根归纳逻辑的基础上，总结出五种确定因果联系的方法，把科学归纳法推到一个高峰。当然，从穆勒以后，将归纳法局限于因果联系是不对的。科学归纳法是这样一种归纳法，它通过从单一到一般的连续推理过程，来反映客观地存在于对象和现象之间的本质联系，其中包括因果联系。

归纳法在科学史上，无论是过去还是现在，都发挥过积极的作用。牛顿提出引力说和光的微粒说。1896年门捷列夫提出化学元素周期律，本世纪50年代杨振宁、李政道建立的宇称不守恒定律用实验进行检验和证实的过程等都运用了归纳法。科学归纳法可以说是科学家为弄清实验所涉及的某些因素之间的关系时经常使用的方法。例如光谱分析中，基体、缓冲剂和摄谱条件对元素谱线的显线灵敏度、强度与轮廓等究竟有什么影响，都需要反复实验和归纳。70年代末，中国科学院化学研究所研究员蒋明谦在世界上第一个找到了“同系线性规律”。他从国内外浩如烟海的有机化合物光谱数据中，发现了同系化合物的分子结构与性能之间存在着定量关系，从而概括出一个简明的经验公式。而为了论证同系线性规律，他用的是归纳法，尽可能掌握和概括国内外的有关资料，分门别类，使上万种有机化合物都有规则地分布在一千多条直线上。科学归纳法在现代科学研究中仍然起着作用。

归纳起来，归纳法在科学研究中、在科学认识中有三方面的作用。第一、归纳法是从经验事实中找出普遍特征的认识方法。归纳法作为整理材料的一种基本方法有扩大认识、发现真理的作用。科学史表明，自然科学中的经验定律和经验公式大都是运用归纳法总结出来的，如波义耳定律、法拉第定律等。第二归纳法是从个别事实的考察中看到真理的端倪，受到启发，提出假说和猜想。如“所有大于5的奇数都可以分解为三个素数”的哥德巴赫猜想。第三，归纳不仅是一种认识方法，它对科学实验也有指导作用，它能为合理安排实验提供逻辑根据。

归纳概括的过程可简化为一种知识的转移，把研究某些物体的某种总和和所获得的知识转移到更为广泛的物体范围上去。在转移过程中，只是知识的概括程度有了改变，其内容基本上同原来的一样。归纳的这一特点使其具有一定的局限性。

运用科学归纳法所得的推理结论也常有错误。但是这种错误，

在某种程度上是科学为了做出正确的和有价值的概括而必须支付的代价。像实证主义者那样不做任何概括或草率地进行概括都是错误的，但是在科学研究中又不能一概拒绝草率的概括，因为这等于根本放弃一切概括，科学的任务就在于做出日益完美和日益精确的观察和实验。

各种形式的错误归纳实际上是错误的概括的变种，最常见的错误就是从时间上的先后推出因果联系。这种错误在逻辑上叫做Post hoc, ergo propter（在此之后，就是因此之故）。因为它把时间上的先后顺序同因果制约性混为一谈。这种错误，在文学著作中的有名事例就是高卢雄鸡确信：它的高啼可以唤起日出。

三、归纳与演绎的统一

归纳和演绎是人们经常运用的推理形式和思维方法，是逻辑学研究的基本内容之一。形式逻辑在对归纳法和演绎法作了长期的研究之后，取得了很多成果。例如：确定了归纳和演绎的一般规则，分析了归纳推理和演绎推理的逻辑结构，规定了归纳过程和演绎过程所遵循的规则，并对归纳推理和演绎推理进行分类。这些成果对人类逻辑思维的发展是有益的，是人们进行正确思维时必须吸收的。但是对进行科学研究和获得科学的认识来讲是很不够的，为了使归纳和演绎成为指导人们进行创造性思维的认识方法，必须把归纳和演绎作为辩证逻辑的思维方法来加以研究。这就需要研究：归纳法和演绎法在认识史上的地位和作用，归纳法和演绎法之间的辩证统一关系，归纳法演绎法同其他推理形式和其他思维方法的关系等。

在形而上学者的观念中，归纳和演绎是两种彼此对立和互相排斥的研究方法。经验论哲学家（如F·培根等）认为归纳法具有非常巨大的意义，演绎法要受归纳法的制约。唯理论哲学家

（如笛卡儿、斯宾诺莎、莱布尼茨等）则相反，把演绎法提到第一位，强调只有演绎法才能获得科学知识。

除了片面强调归纳法或片面强调演绎法之外，还有一种形而上学的观点是将演绎法与归纳法完全割裂开来的认识。恩格斯在《自然辩证法》中批评海克尔将"推理分为归纳和演绎两极"⑬就是一个典型事例。海克尔（Ernst Heinrich Häeckel，1834—1919）是建立种系发生学，提出生物发生重演律的著名德国生物学家。海克尔在其名著《自然创造史》中，评论哥德在进化论方面的贡献时说："彼为此决定所依之途径，尤为特别趣味，是为吾侪在有机自然科学常依循进行之两种途径，即归纳法与演绎法是。归纳法由多数单独观察事件以得结论，即一切哺乳动物皆具有中间颚骨。哥德由是复得演绎结论，即人类就其余一切组织关系言，皆与哺乳动物无异，故必亦具有此中间颚骨；经详密研究之后，竟求得之。即演绎结论由此后之经验证为确实。"⑭海克尔在此书的第三十讲"种源论之真确证据"中又谈到归纳和演绎的关系，认为如果进化论（神源论）为生物之最大归纳定律，则人类是由猿演化而来的猿类论就是最大的演绎定律。海克尔的这些论述表明他把归纳和演绎完全分开了。他认为从个别的哺乳动物具有中间颚骨而得出一切哺乳动物都具有中间颚骨，仅仅应用了归纳法，而由此推论出"人也应该具有中间颚骨"则仅仅应用了演绎法。他认为进化论是一种归纳定律，即运用归纳法而得出结论；而人类由猿类演化而来的结论是一种演绎定律，即由进化论这一前提运用演绎法而得出的结论。海克尔这种看法，正象恩格斯指出的那样，是"应当从个别上升到特殊，然后上升到普遍，应当从个体上升到种，然后再上升到属，而在这之后，才容许那应当继续下去的演了推理！"⑮他以为在一种认识过程中只应用了归纳法，而在另一种认识过程中只应用了演绎法，从而把归纳和演绎截然分开，把它们两极化。事实上，人的认识过程是十分复杂的。

即使是从个别上升到一般的过程，其推理形式也是多种多样的。黑格尔在《小逻辑》中曾以晦涩的词句谈到过这一点。黑格尔认为，在推理过程中，个别性(单一)(Einzelnes)、特殊性(Besconderes)和普遍性(Allgemeines)都可以作为推理中项，也就是推理可以依据下列三种形式进行：一、$E-B-A$(个别—特殊——一般)；二、$A-E-B$(一般—个别—特殊)；三、$B-A-E$(特殊——一般—个别)。在日常生活和科学研究中，实际的推理过程并不总是"个别—特殊——一般"，而是同时运用多种形式的。海克尔的错误就在于把人的认识过程简单化了，把人们在认识过程中的实际运用的逻辑方法简单化了，把归纳法和演绎法机械地对立起来了。

在唯物辩证法和辩证逻辑看来，归纳和演绎只是两种特殊的，但不是独立的研究形式，它们并不是彼此孤立的，它们是相辅相成的。任何科学的演绎都是预先用归纳法研究材料所得的结果，并以这种研究为基础。即使是最简单的概念的形成，也只能是由研究事实到概括事实的认识进程的结果。而归纳，也只有在根据一般的发展规律的知识来研究个别现象时，才是真正的科学。单凭经验积累事实而不从理论上去概括事实，是不能提供科学知识的。以研究事实为根据的演绎法，才能使我们揭示和把握事物的本质及其发展规律。作为辩证逻辑的思维方法，既不是单纯的归纳法，也不是单纯的演绎法，而是归纳与演绎相统一的逻辑方法。毛泽东同志在《矛盾论》中指出认识事物要经过两个过程，"一个是由特殊到一般，一个是由一般到特殊。人类的认识总是这样循环往复地进行的，而每一次的循环(只要是严格地按照科学的方法)都可以使人类的认识提高一步，使人类的认识不断地深化。"⑯这讲的就是归纳与演绎的统一。

归纳推理是从单称判断到全称判断，但是它不能概括单一的具体的东西和一般的东西的统一(即内在联系)。只有把归纳和演绎结合起来才能把握这种统一。因此，科学认识，至少在它的

高级阶段上，是建立在归纳推理和演绎推理的结合之上。归纳推理是科学思维中的一个重要要素，但任何科学思维都是归纳推理、演绎推理、类比推理、假说、公理以及其他多样逻辑形式和逻辑因素综合起来形成的。

在穆勒的逻辑学和惠威尔的《归纳科学史》一书的影响下，在19世纪后半期的西欧流行着片面赞美归纳法的风气。这种情况对大部分自然科学家，其中包括英国的托马斯·赫胥黎（Thomasas Henry Huxley，1825—1895）和德国的恩斯特·海克尔这样一些杰出的科学家也受了影响。针对这种情况，恩格斯在《自然辩证法》中关于“给归纳万能论者”的扎记中写道：我们用世界上的一切归纳法都永远不能把归纳过程弄清楚。只有对这个过程的分析才能做到这一点。——归纳和演绎，正如分析和综合一样，是必然相互联系着的。不应当牺牲一个而把另一个捧到天上去，应当把每一个都用到该用的地方，而要做到这一点，就只有注意它们的相互联系、它们的相互补充。——按照归纳派的意见，归纳法是不会出错误的方法。但事实上它是很不中用的，甚至它的似乎是最可靠的结果，每天都被新的发现所推翻。”⑰

归纳法只有同演绎法结合起来才能成为辩证思维的要素。归纳离不开演译，演译也离不开归纳，归纳推理和演绎推理只有在形式逻辑教科书的简单例子中才可能是各自孤立的，而且在这些例子中也不完全如此。在任何具有科学意义的推理中，归纳和演绎是紧密地结合着的。甚至在以纯演绎的典型著称的数学中，归纳和类比也是必不可少的。

人类的认识过程中的不同阶段可以是主要运用归纳法（如在感性到理性，由特殊到一般的过程），或主要是运用演绎方法（如在理性到感性，由一般到特殊的过程）。但是正如认识过程的各个阶段是互相联系，互相渗透的一样，在任何一个认识阶段、逻辑思维阶段中，归纳法和演绎法也是互相联系、互相渗透的。数

学的有些分支如概率论、统计数学、数理统计等是归纳法为主，以演绎法为辅的。

事实上归纳法与演绎法是不能分开的，不论是片面强调归纳法或片面强调演绎法的逻辑学家，他们自己实际上也不是这样做的。

三段论演绎法中的大前提通常都不是由演绎法获得，而是由归纳法获得，是从人们的经验中归纳出来的。公理的不证自明性是指它不须要再经过逻辑证明，它自身的正确性是通过人类千百万次的实践总结出来的。

例如在化学实验中，用石芯试纸测试某液体是否酸性的三段论推理是：

如果液体含酸，则试纸变红

但是试纸不变红，

所以这种液体不含酸。

这里大前提"如果液体含酸，则试纸变红"并非由演绎法得来，而是由归纳法得来的。

培根强调归纳法，他瞧不起三段论，把它看作毫无用处的东西。根据培根的解释，三段论是由句子组成的，句子是由语词组成的；语词就是概括的符号，是一种特殊的标签(tesserae notionum)；因此，我们的主要任务在于形成正确的概念。如果说逻辑的推演同不明确的、不正确形成的概念有关，那末在通常的三段论推论中，就不能依靠逻辑的推演。培根这段议论是批评三段论这种演绎推理的，但是他的论证方法恰巧是运用了三段论的演绎推理方法。培根这段议论的第一部分，是一个省去了结论的省略推理；这个省去的结论说的是三段论对概念的推演。议论的第二部分，也是利用选言三段论的推理建立起来的，即通过否定来肯定这样的结论："如果概念是不明确的，那末根据它们所确立的东西就是不牢靠的。"

此外，不考虑培根提出的具体而繁琐的不切实际的科学实验道路，单从他提倡的有意义的科学归纳法来讲，培根提出的逐步上升的归纳原则也有形而上学性质，因为培根没有注意到归纳过程不是直线上升的，而是迂回曲折的。在总的归纳过程的某一阶段，有时演绎可以起指导作用。演绎和归纳的关系并不像培根想象的那样各处一极、互不相容。

海克尔虽然在理论上坚持归纳和演绎的对立，但在处理问题时，却不自觉地将两者统一起来，他“大胆地应用了进化论，才把在这些矛盾中感到很舒服的归纳派拯救出来。”⑱

即使在科学研究的初级阶段，归纳法也很难单独发挥作用。研究工作进一步发展，处理许多材料时，单靠归纳法孤军作战根本不可能。人类思维活动中的推理过程是一种矛盾运动。归纳推理的过程不是直线上升的，它要向类比推理转化，类比推理又要向必然推理转化，这种转化过程有时又可以是逆转的，现代科学研究中常用的“回溯推论法”（Abduction）就是一种归纳与演绎相统一的方法，现代自然科学各部门都揭示了许多规律。它们彼此之间又都有着密切的联系，相互借鉴的地方很多，因此推理过程就显得更为突出。不能认为归纳法是唯一的科学逻辑方法，但也不能否认归纳法的作用。

自然科学史表明，人类的每一项科学发现，在其整个认识过程中都经历着以下四个环节，而每一环节从方法上来讲都是归纳和演绎的统一。

（一）收集感性资料和事实依据。人们的认识是从认识个别的和特殊的事物逐步地扩大到认识一般的事物。为此必须作出种种准备，也就是首先要通过观察、实验等实践活动收集感性资料和事实依据，以此作为通过归纳方法概括出论断的基础。但这种收集感性资料和事实依据的活动以及归纳推理的活动都不是盲目进行的，而是遵循着一定的目的和指导方向来进行的，这种目的和指

导方向则来自理论思维，来自科学工作者先前已经积累的一般理性知识中所作出的演绎推理、预见、假说等。因此可以说演绎方法的结论规定了人们进行何种观察、实验等实践活动，规定了人们对何种对象进行归纳研究，规定着归纳的目的性和方向性。在这个环节的科学研究工作中，演绎推动归纳，归纳进一步充实、论证演绎。

（二）初步归纳出结论。在获得相当的实际资料之后，科学工作者就要进一步研究这些新材料与已有的科学知识的关系，以已知的理论知识为中项，通过比较、分析，在这些实际资料的基础上（前提）作出归纳性的结论来。归纳中项不是在产生归纳前提的研究过程中获得，而是在归纳前提之先就已存在的一般理性知识。由于它在归纳前提过渡到归纳结论的推理中起了必不可少的中间环节作用，因此称作归纳的中项。归纳推理的过程必须依据一般性的知识才能从概括个别的感性材料过渡到归纳的结论。科学史上任何重大发现的归纳的过程，都不仅以当时已经积累的实际资料为前提，而且依据当时已经知道的一般理论知识作为归纳中项。也就是说，由特定的前提经过中项达到普遍结论的归纳过程是以演绎知识为依据的，在这个环节的科学研究工作中，归纳法和演绎法是交叉使用，互相依赖的。

（三）作出具有规律性论证的科学结论。在初步归纳出结论的基础上，科学工作者还要进一步进行演绎分析，使简单归纳所得的经验结论，变为具有规律性论证的科学结论。

（四）在归纳结论的基础上再作新的演绎推理。在科学研究的进程中获得归纳结论后，就要进一步作出新的演绎推理。这种新的演绎推理一方面为继续进行实验、观察提供线索，成为进一步继续归纳的前导；另一方面可以反过来检验已得归纳结论的正确性，它既可查清原有归纳中的错误，也可预测到其中的空白和不足，因而为进一步的实验研究指出方向，使科学工作者有可能纠正原来归纳中的错误，补充原来归纳中的缺陷。

我们在从事一项科学研究工作时，在任何阶段的归纳过程中，其依据的实际观察材料，通常是不甚精确的，但是归纳本身无法觉察出这种误差；只有在认识了科学规律之后，才可能借助理性思维运用演绎方法来清查出那些实际材料是不确切的。

所以，在这一环节中也是归纳和演绎并用，凭借这两种方法的互相渗透来取得较符合实际情况的科学的认识的。

科学史上有时有这种情况，人们在实验和观察中偶然地发现了并不准备研究的现象，并由这种意外事实激起新的实验研究，获得新的科学创见，如同寓言中说的为了挖掘黄金而获得了葡萄的丰收，科学家在实验和观察过程中获得一些偶然发现是常有的，但能抓住这些偶然发现，不失时机地获取新的科学发现，却不是人人都能做到的，要取得这种成就的条件之一，是灵活运用归纳和演绎辩证统一的逻辑方法。如青霉素的发现，*X*射线的发现等都是明显的事例。

归纳和演绎的辩证统一，在科学归纳法中有较全面的反映，甚至可以说科学归纳法已不能称之为归纳法，而应当称之为归纳和演绎有机融合的方法。科学归纳法，不仅和任何归纳法一样以演绎为前导和在思维结构中有演绎成分，而且它是以对必然联系的演绎分析为基础的。例如关于“金属能导电”这一结论的获得就有这样一个历史过程。

在20世纪以前，人们是通过简单枚举归纳法获得这结论的：

金、银、铜、铅能导电，

金、银、铜、铅是金属，

金属能导电。

20世纪初，人们发现电场使自由电子作有规则运动是金属能导电的原因，因而推论出金属能导电的结论：

自由电子的有规则运动就形成电流，金属中有电场时，自由电子就作有规则运动，因此金属能导电。

这里金属导电的归纳结论获得了演绎论证，成了确实可靠的科学知识。

科学归纳法就是上面的归纳和演绎两种推理的有机融合：

金、银、铜、铅能导电是由于有自由电子存在，

金、银、铜、铅是金属，金属都有自由电子，

金属（必然）能导电。

数学中常用的数学归纳法也是归纳和演绎在科学认识过程中互相依赖、互相渗透的明显事例。

注：

①哥德：《浮士德》，人民出版社1963年版，第1部，第91页。

②章士钊：《逻辑指要》，时代精神印行社版，第131页。

③马克斯、恩格斯：《神圣家族》，《马克斯恩格斯全靠》，第2卷，第163页。

④《16—18世纪西欧各国哲学》，商务印书馆1975年版，第10页。

⑥同④，第55页。

⑥司斐丁、艾利斯和黑斯编：《弗兰西斯·培根的著作选》第4卷，1958年伦敦英文版，第25页。

⑦同⑥，第246页。

⑧法灵顿著，张景明译：《弗兰西斯·培根》，三联书店1958年版，第43—44页。

⑨同④，第44页。

⑩同④，第55页。

⑪《列宁全集》第38卷，第167—168页。

⑫恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第210页。

⑬同⑫，第205页。

⑭海克尔：《自然创造史》，商各印书馆版，第78页。

⑮同⑫，第204页

⑯毛泽东：《矛盾论》，《毛泽东选集》第1卷，1952年版，第298页。
⑰同⑫，第206页。
⑱同⑫，第206页。

第三节　分析与综合的统一

客观世界的万事万物都是复杂的矛盾统一体，都是多样性规定的统一。客观事物是复杂的，它们具有多样性，因此人们对它们进行研究时。在思维活动中就有可能和必要对它们进行分析。客观事物中这些多样性又是统一的，它们具有统一性，表现为一个统一的整体，因此人们在思维活动中就可以也有必要对它们进行综合。分析是溯本求源，并加以分解，在认识开始阶段时，由于客观事物的复杂性而无从下手，这时就要经过分析，找到线索。达到迎刃而解；分析以后，还要提出解决的办法，并把各种办法综合起来，提出解决方案。因此分析和综合是科学研究中常用的、必需的逻辑方法。“思维既把互相联系的要素联合为一个统一体，同样也把意识的对象分解为它们的要素，没有分析就没有综合……思维，如果不做蠢事的话，只能把这样一种意识的要素综合为一个统一体，在这种意识的要素或它们的现实原型中，这个统一体以前就已经存在了。”①

分析和综合的特征是：在对一个现有的经验系统进行科学研究时的一个主要任务是，发现这个系统的那些简单的、直接的关系，以便从对于这些关系的命题中得出对于这个给定系统的任意复杂的和间接的关系的命题。人们把这些简单的，直接的关系的探求和定义活动称为分析。而把从现有系统的这些简单关系中得

出复杂的、间接的关系的方法称为综合。这个研究的目的是，列出了一些准确的规则，使人们能够按照这些规则从那些在分析工作中得到的命题中引出新的、更复杂的命题（完成综合）。

对同一事物的分析与综合，可有不同的广度与深度，这通常是因为实践的需要不同，探讨问题的角度不同。

分析和综合是统一的，但是在认识的一定阶段上，二者也各有其相对独立的意义。在认识的低级阶段，强调分析的作用，把分析作为研究问题的主要方法，并且曾经起过一定的积极作用。但是在认识的高级阶段，在理性的领域中，分析和综合不再是两种彼此独立的研究方法或逻辑方法，而成为完整的、统一的认识方法中的两个彼此联系着的因素。人类随着认识的发展，分析与综合并用的能力也越强，在认识发展过程中，有的时期特别强调分析的作用，有的时期特别强调综合的作用，因而在不同的时期（认识的不同阶段），某一种方法能力也就得到较快的提高和发展。

一、分析法及其方法论的意义

分析是在思维活动中、认识过程中把复杂的事物分解为简单要素（部分、方面、因素、特性、关系等）再分别加以研究的一种逻辑方法。分析作为认识过程，一方面由心理学研究，另一方面由认识论和逻辑学研究。心理学研究分析是把它作为现实的在动物和人脑中反映的心理过程；而逻辑学和认识论研究分析是把它作为获得新知识的逻辑方法之一。分析在认识的感性阶段起着极其重要的作用，它包括在感觉和知觉过程中，而且在基本形式上不仅为人类而且为动物所特有。感觉和知觉的神经生理基础是分析器和在神经系统建立暂时性联系的器官。但是逻辑分析与感觉分析不同，它是借助于抽象概念进行的，人类特有的思维功

能。借助于逻辑分析，人们可以把对象与所有偶然的，附带的关系区别开来，对象就是在这些偶然关系中给人以感性认识。

客观事物本来是整体性的，各个简单要素都是有机地互相联结在一起组成整体的，但是为了认识这个整体必须先对其一些方面、部分进行考察，为了分析这些部分或方面，就必须把它们暂时割裂开来，把被考察的因素从整体中抽取出来，暂时孤立起来，以便让它单独地起作用，从而进行精细的考察。这种分析活动在科学研究、科学认识中是必经的开始阶段。例如，为了研究物质的放射性，人们往往用一个外加电场或磁场，把射线中各种成份分开，使带电粒子显示出它特有的性质，便于单独地加以研究。列宁在其哲学笔记中摘录了黑格尔哲学史讲演录中的一段话，“从来造成困难的总是思维，因为思维把一个对象的实际上联结在一起的各个环节彼此分隔开来考察”，旁注了一个“对”字，然后写道：“如果不把不间断的东西割断，不使活生生的东西简单化、粗糙化，不加以割碎，不使之僵化，那么我们就不能想象、表达、测量、描述运动。思维对运动的描述，总是粗糙化、僵化。不仅思维是这样，而且感觉也是这样；不仅对运动是这样，而且对任何概念也都是这样。”②在各门自然科学和工程技术科学中所采用的单因素分析法或单因子实验法，都是为了深入事物内部，研究它们的细节，是为了最后能从总体上把握事物积累材料。思维借助于抽象而离开对象，只不过是为了更深刻地了解对象。在分析一个对象时，并不是把它简单地划分成几部分，也不是仅仅描述所得的各个部分，而是针对通过分析所得到的因素进行某种理论假设，进行一定的抽象和理想化。从现有的经验对象过渡到理论对象，有利于对以后的综合提出一般规律。对在分析工作中得到的有关因素和关系的理论假设可能有各种不同的特性。例如，可以在实践中（实验中）或思想上把使人感兴趣的关系从其余关系的总系统中分离出来，假定被研究的系统不

受外界任何因素的影响，把物体看做不延展的质点，等等。

分析是透过现象去探索事物本质的思维运动过程。列宁说："人的思想由现象到本质，由所谓初级的本质到二级的本质，这样不断地加深下去，以至无穷。"③这是说认识是一个不断深化的思维活动过程，从而也是不断进行分析的的过程。分析运动的第一阶段是通过对现象的分析去认识事物的本质，第二阶段是从不深刻的本质深化，以致分析出事物的根本本质。事物的根本本质是由事物的根本矛盾决定的，它贯穿于整个事物发展的长过程的始终，反映在该事物的整个发展过程之中。要分析出事物的本质不是一次能够完成的，而是要经历相当次数的从低级的初步的本质进展到高一级的、更深入的本质。因此人们的认识过程是一个不断进行分析的过程，在每个认识阶段都要对事物不断地进行分割，以探索事物的本质。可见分割、孤立地研究事物的各个方面并不是分析的最终目的，而只是认识的一种手段。分析的目的在于透过现象把握本质。

科学史上深入原子内部的认识过程就是一个不断分析的过程。19世纪下半叶发明了真空管，实现了真空放电，这时科学家们集中研究了阴极射线，发现了阴极射线粒子比原子要轻得多，带有负电荷，并存在于所有物质形式中，从而发现了第一个亚原子粒子——电子，把电子从原子中"分割"出来，对它进行了考察。1896年法国物理学家贝克勒尔(Antoine Henri Bacqueral, 1852—1908)发现铀的放射性。第一次表明原子可以碎裂。科学家们对放射性物质所发出的辐射分别进行考察，结果卢瑟福(Ernest Rutherford, 1871—1937)等人证明：放出的β射线是电子流；α射线是由氦核组成的粒子流，γ射线类似于X射线，但波长较短。1886年，德国物理学家戈尔茨坦(Eugen Goldstein,1850—1931)在关于气体放电的研究中发现"极隧射线"，并证认出一种基本的正粒子——质子。1930年德国物理学家波特(Walther

Wihelm Georg Franz Bothe，1891—1957）用放射性元素爆发出的α粒子轰击铍和硼，得到贯穿本领非常高的幅射，两年后英国物理学家查德威克（James Chadwick，1891—？）证认出它是一种具有差不多和质子相同的质量却又不带电子的粒子——中子。正是不断通过实验中的分析，科学家们把原子打开了，使认识深入到原子内部，搞清了它的组成。

在科学发展史上，许多科学家对分析方法作过很好的研究，提出有益的看法。笛卡儿认为传统的逻辑以概念的外延作为划分的基础是不够的，应该对概念的内涵进行推演。笛卡儿认为从一般三角形到直角三角形只是两个特性的综合，不是新发现；而等腰三角形可以揭示出：图形的性质，三角形性质，等腰性质，这是分析方法，是获得知识的方法。笛卡儿认为分析方法是发明的方法。莱布尼茨从其单子论观点出发，认为对某一原理的证明可归结为揭示其中隐蔽的宾词与主词的同一性。引出结论就是把主词的内容逐步加以分解，通过分解而得到的因素再分解为新的因素，如此继续进行，一直分解到所求的宾词，这时论证过程便告完成。

分析的方法本质上是辩证的方法，它体现了具体问题具体分析这一辩证法的活的灵魂。按照辩证逻辑的要求、任务，分析方法的出发点应该是对立统一的观点。"这个辩证法的宇宙观，主要地就是教导人们要善于去观察和分析各种事物的矛盾运动，并根据这种分析，指出解决矛盾的方法。"④分析主要是进行矛盾的分析：既要分析矛盾的普遍性，又要分析矛盾的特殊性；既要分析主要矛盾与次要矛盾，又要分析矛盾的主要方面和非主要方面；既要分析矛盾的同一性和斗争性，又要分析是对抗性矛盾还是非对抗性矛盾；还要分析质和量，肯定和否定，原因和结果，必然和偶然，可能和现实，形式和内容等矛盾。所谓具体问题具体分析，就是要具体分析不同事物发展过程中的不同矛盾，分别

地具体地分析一个大事物发展过程中包括的各个不同矛盾，分别具体分析一对矛盾的对立双方以及它们之间的互相联系和互相作用；还要具体分析一个过程中，矛盾在不同阶段的不同变化，以及矛盾双方各自不同的变化。不同的科学研究有不同的对象，不同的对象又有不同的矛盾，要运用不同的分析方法。但是对任何一门科学来讲，都要分析出这门学科对象的最基本的"细胞"，以及"细胞"（包括"细胞"内部的矛盾运动）的运动形式与趋势。

正因为分析是指的具体问题具体分析，所以辩证逻辑的分析方法与形式逻辑的分析方法不同。形式逻辑的分析方法是一分为多，多中取一，舍去了一与多的联系。辩证逻辑的分析方法则是在一分为二或一分为多的过程中，二者（或多个）兼取，既弄清这两个方面或多个方面的区别，又兼顾它们之间的联系，是一种矛盾分析方法。

在科学研究中，除了运用上一节所述的归纳法、演绎法来探讨"为什么"的问题，作为一种分析事物的因果关系的分析法外，还要对客观事物进行定性分析和定量分析。

定性分析是为了确定客观对象是否具有某种性质的分析方法，着重于解决"有没有"、"是不是"等问题。例如分析化学中的定性分析就是研究和鉴定物质中含有哪些元素、离子或功能团等，但不确定其含量。

定量分析是为了确定客观对象各个因素之间的数量关系，也就是着重于解决"有多少"的问题。例如分析化学中的定量分析就是研究和测定物质中各成分的含量。在定量分析中又可根据所用方法的性质的不同而分为：重量分析、容量分析和仪器分析三类；根据分析试样用量和被测成分不同，又可分为常量分析、半微量分析、微量分析和痕量分析。

除了从定性、定量的角度来分类以外，分析的方法还有很多

种形式。其中之一就是把整体逻辑地且常常是实验地分解为各个部分。揭示整体结构的分析不仅要求认识组成整体的各个部分，而且要求揭示各个组成部分之间的关系。例如分析一个活的有机体的结构，如果除了确定其结构成分，骨架、肌肉、内脏等的组成部分及它们的功能外，不搞清这些成分之间和它们的功能之间的相互关系，那么这种分析是没有效果的。被分析对象可以看作是一个整体，也可以被看成是具有共同属性的某类对象的代表。解剖学和生理学正是从这一观点去分析活的有机体的结构的。发现各种不同对象的结构相同，对于认识有很大的意义，因为我们可以根据对一个复杂对象的认识去认识另一个结构相同的复杂对象。

分析的另一种形式是分析对象的共同属性和对象之间的共同关系。在这种情况下，属性或关系分解为组成属性和关系，其中一部分成为进一步分析的对象，而另一些被丢下不管。在下一阶段，研究的对象就成了前一阶段被丢下的东西，依此类推。例如物理学家研究气压、气的体积、气温之间的关系时，被研究的关系被分解为气体和体积的关系、气体体积和温度的关系。研究第一个关系时，不管气温的变化（波义耳——马略特定律）；研究第二个关系时则不管压力的变化，认为它是常数（盖——吕萨克定律）。

把事物的类（集合）划分为亚类（互不交叉的子集），也是分析的一种形式。这种分析称为分类过程，它是把对象的某一总体划分为具体的组成类别，这种划分是根据某一（或某些）属性属于该组成类别的所有对象和该总体的所有其他对象没有这种属性（这些属性）。

在科学研究中，还有一种特殊形式，即元抽象法或叫元过程分析法。它是从某种物理现象中抽取任意一小部分进行研究的方法。例如从流体内部抽取出一个非常小的体积元，从有一定质量

分布的刚体内部抽取出一个非常小的体积元等等。通过分析这个小单元的局部运动中各种物理量的函数关系和变化规律，找出过程的本质，建立描述整个物理过程的微分方程。有了微分方程我们不仅可以求出物理过程在某一特定条件下的瞬时状态，而且可以把握整个物理过程运动变化的趋势和特点。元过程分析法是用数学工具研究物理运动的常用方法，它体现了辩证逻辑方法在科学研究中的具体运用。

对事物进行分析，可以借助于抽象思维的能力来进行，也可以借助于实验的方法来实现。用实验的方法把整体分解为部分，从复杂的联系中割离出某一因素进行考察，可为思维中的分析提供大量感性材料和客观依据。在此基础上，运用抽象思维能力才能深入本质，发现事物的内在联系。自然科学史上许多重大突破如原子、分子、量子及基因的发现都是这样的。

用抽象思维能力来进行与分析和借助实验方法来进行分析，各有长处。用抽象思维能力进行分析可以达到实验手段尚未达到的深度和广度。例如道尔顿于1808年提出原子理论，阿伏伽德罗(Conte di Quaregna Avogadro, 1776—1856)于1811年提出分子理论，以及后来坎尼查罗(Stanislao Cannizzaro, 1826—1910)复活阿伏伽德罗的分子理论，将化学上的原子和物理学的分子区别开来，澄清原子量测定上的混乱时都没有在实验室中分出单个的分子或者原子。他们是通过千万个原子或者分子表现出来的客观现象(诸如道尔顿观察各种化合现象后，识到有20种元素，并假定每一元素都有其特定的重量，阿伏伽罗德观察到各种气体相互结合时体积成整数比，坎尼查罗假定化学上的原子是物质参加化合的最小部分，物理学上的分子是能自由存在的最小质点等)，抽象出分子和原子的概念的。可以说他们是利用思维的力量，将物体“分割”成组成它的分子，将分子“分割”成组成它的原子，并对这些分子和原子进行考察、研究，提出他们的原子理论

和分子理论的。

思维的分析不能离开感性材料，因此思维分析虽然能比实验分析所已经取得的成就进行得更广、更深，但到达一定的阶段要继续前进，仍得依靠实践，依靠进一步的实验分析。如前述对原子的进一步深入的分析就要进行一系列的实验分析，如通过实验研究真空中的放电现象、阴极射线、放射性等。

分析的方法也有它的局限性。由于只着眼于局部的研究，就可能将人的眼光限制在狭隘的领域里；把本来互相联系的东西暂时割裂开来考察，也容易造成一种孤立、片面看问题的习惯。逻辑思维仅仅停留在分析的阶段就远没有完成认识事物的任务。例如化学研究工作者对蛋白质进行分解，找出它的组成元素是碳、氢、氧、氮。但对蛋白质的认识停留在这几种孤立的元素的阶段仍未达到对蛋白质的认识。正如黑格尔所说的那样："用分析的方法来研究对象就好象剥葱一样，将葱皮一层一层剥掉，但原葱已不在了。"⑤ 所以认识过程中除了分析以外，还得采用综合法。分析是综合的前提和依据，综合是分析的继续和归宿。

二、综合法及其方法论意义

综合是同分析相对立的一种方法。综合是人们在思维活动、认识过程中将对象的各简单要素（部分、方面、因素、特性、关系等）联结起来，形成对客观对象的统一整体的认识的一种逻辑方法。

古希腊罗马时期，科学家、哲学家把综合看作是通过整体各个成分的联合获得关于整体的知识的方法，或者像亚里士多德那样把综合看作是由前提(根据、理由)到结论的过程。康德给综合下了一个广义的定义：认为综合是将不同的概念彼此结合起来，在统一的认识活动中理解它们的多样性。如果这个综合是"借助于

想象能力”实现的，则这是经验的综合“了解了的综合”。按照康德的说法，最高程度的综合即“纯粹的”或“先验的”综合，产生于感性的多样性被归入赋予综合过程的形式中，并统一于必然性意义的先天的概念（范畴）。黑格尔把综合看作是思维由普遍的到个别的进程，并划分了这个过程的几个阶段。普遍的东西是“定义”，接着是它的限制（特殊的），最后是“定理”，即个别的东西。当然，定理不是感性的个别的东西。因此黑格尔把全部综合都用数学例子来演示，例如以抽象作为出发点。黑格尔认为这类三段式的综合仅仅属于悟性知识领域。照他的意见，理性思维所特有的正题与反题的辩证结合才是真正的综合。

作为辩证逻辑方法的综合不是任意将一些要素拼凑起来，而是要将客观上本来就存在的统一整体的自身的要素统一起来；或者就已有的理论知识预测或人工合成新的事物的构成要素综合起来。恩格斯在批判杜林时说：“思维如果它不做蠢事的话，只能把这样一种意识的要素综合为一个统一体，在这种意识的要素或它们的现实原型中，这个统一体以前就已经存在了。如果我们把鞋刷子综合在哺乳动物的统一体中，那它决不会因此就长出乳腺来。”⑥

综合也不是主观地、任意地把对象的各简单要素捏合在一起，不是各个要素的机械相加和简单堆砌，而是按照各要素在对象内部的有机联系从总体上去把握事物的逻辑方法。它不是抽象地、从外部现象的联结上来认识事物，而是抓住事物的本质，即抓住事物在总体上相互联结的矛盾特殊性，研究这一矛盾怎样制约事物丰富多采的属性，怎样在事物的运动中展现出整体的特征。例如马克思在《资本论》中对资本的分析和综合就是这样做的，他在剩余价值这一资本的最根本实质的基础上，推演出资本的一切具体表现形态：产业资本、商业资本、信贷资本、地租等，并把它们综合成资本的整体，这样就可以既看到各种不同资

本形态之间的统一性，又看到它们的多样性，达到统一性和多样性的统一。如果只把资本的各种形态机械地联合在一起，那就不可能正确地、深刻地理解资本。

稍微复杂一点的客观事物，都是各方面的多样的本质的统一整体，因而只有对其各方面的本质加以综合，才可能全面地、正确地认识它。如果从这一角度来看，综合比分析更为深刻。综合法的作用优于分析法，还因为它恢复并把握了事物本来的联系和中介，克服了分析法给人们的视野造成的局限性，因而能揭示出事物在其分割状态下不曾呈现出来的特性。例如，生物运动的实质是蛋白体的新陈代谢、自我更新，这是生物运动区别于其他运动形式的根本特点，但是在生物运动中也包含着物理运动形式、化学运动形式等，只有把所有这些有关的运动形式的规律综合地运用到对生命运动的研究上，才可能深刻而正确地理解生命。由于物理、化学等运动形式在生物运动中的表现与其原有形式又有着质的差别，因而就不能把这些运动形式的规律原封不动，机械地运用到生物学领域中去，因而就产生了生物物理、生物化学，以至生物力学．生物数学，生物医学工程等许多边缘性综合性学科。研究工作者只有把这些边缘性、综合性学科的研究成果进一步综合起来，才能全面而深刻地对生命作出更加全面而深刻的解释，不仅了解到生命是蛋白体新陈代谢自我更新的运动，而且进一步了解到这一复杂运动的机制。

又如综合考察我们生活周围的各个圈层之间的关系就具有很重要的意义。今天我们人类对自然界开发利用的范围是地球表层，它包括上至大气对流层顶层（在地极上空约 8 公里，赤道上空约 17 公里，平均约 10 公里）下至岩石圈的上部（陆地上约深 5—6 公里，海洋下平均深 4 公里），在这个范围里可以分成许多圈层。当人们分别研究大气、水、生物、岩石等圈层的运动时，往往只注意其内部的物质过程和运动规律，外部环境的影响则是

作为现成的东西被引入的。但当人们对这几个圈层运动进行综合考察时，发现它们彼此之间有着极为密切的相互依存、相互作用的复杂的关系。

大气圈是环绕地球最外层的气体圈层。地球初形成时的大气圈中是缺氧的，地球上最早的生命也是厌氧的，它们以原始海洋中的有机分子为养料，依靠无氧的发酵方式获取能量。由于原始海洋的养料供应有限，一种先进的能进行光合作用的自养生物发展起来，大气中氧的积累主要是靠生物的光合作用。光合作用所产生的游离氧又促进了细胞的进化和生物的发展，大气中的氧和碳酸气、大气的温度变化以及风雨等，都直接作用于地表的岩石，所以大气活动对地壳岩石的形成和破坏均有影响。

水圈包括海洋、江河、湖泊、沼泽、冰川、地下水等，它是连续而不规则的圈层。大气的降水、河水的流动、地下水的活动等等一方面破坏地表及地下一定深度的岩石，一方面又形成新的岩石。同时水是一切有机体的生长要素，而有机体是改变地球面貌的又一个重要因素。所以水是参与地球发展和地壳变化的最积极的因素之一。

生物圈是地球表层有生命物质的一圈。在大气圈、水圈以及地表土壤和岩石里都有大量生物存在。生物不断地改变着地壳的物质成分和结构状态，它们也是推动地壳发展的有力因素之一。

综合考察大气圈、水圈、生物圈之间的关系，就可发现，在地球史上它们是统一发生，统一演变的。尤其是生物与其生活环境是处在相互依赖，共为一体的关系之中，如果任意打破生态平衡，就必将遭到自然的“惩罚”。

地球表层是个巨系统，而且是开放的、有序的巨系统。综合地研究其间各圈层之间的运动，能克服分析给人们的眼光造成的局限，能揭示出事物在其分割状态下不曾显现的特征。生态学和

环境学、环境系统工程，就是综合地研究生态圈的运动规律，保护和改造人类的生活环境的，这对人类生存、科学发展都有重大的意义。

综合地研究圈层之间的运动，能克服分析给人们的眼光造成的局限，能揭示出事物在其分割状态下不曾显现的特征。生态学和环境科学就是综合地研究生态圈的运动规律的，这对人类生存，科学发展都有重大的意义。

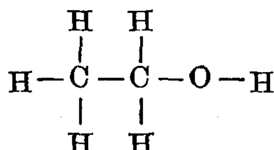
前面在说明分析的作用时，我们提到科学史上为了深入了解原子而不断运用分析方法，分析组成原子的各种基本粒子。在这个基础上，科学家们又继续使用综合法，从总体上来研究基本粒子是如何组成原子的，如在发现电子以后，相继提出了汤姆逊原子模型（1904年），卢瑟福原子模型（1911年）和玻尔原子模型（1913年），这些原子模型就是从总体上来描述原子结构的。现代量子力学的重要任务之一就是研究原子核和电子之间的矛盾运动，从而对原子的性质从整体上给以科学的说明。

经过这种综合就恢复了组成部分之间的联系，从同一中把握了差别，从差别中把握了同一，反映了事物组成部分之间的固有联系，实现了范畴之间的过渡和转化。可见，辩证逻辑的综合方法不同于形式逻辑的综合方法。形式逻辑所研究的综合方法，是悟性阶段的抽象理论思维的综合方法，是属于同一类的抽象概念的综合，它只把握事物间的共同一般本质，而舍弃差别。形式逻辑的综合方法所遵循的是抽象理论思维的同一律。辩证逻辑的综合方法，是理性阶段的具体理论思维的综合方法，是属于对立面的，有差别的抽象规定的综合，它也把握同一，但这种同一是自身包含差别的同一，它遵循的是具体理论思维的对立统一和否定之否定的规律。

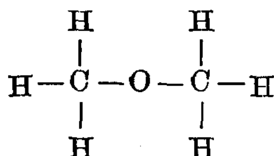
对分析所得各因素进行具体综合时，有三种类型的综合方法：存优、浓缩与化合。

所谓存优：就是将各种因素进行比较分析，去伪存真，去粗存精，然后将“真”、“精”等优势因素综合起来。所谓浓缩与化合是借用化学上的名字，表示在思维活动中将各种因素进行浓缩或化合形成新的概念、范畴、理论。

在科学研究中使用综合这种逻辑方法，不仅是概念式的，往往还要求建立描述客观对象整体结构的模型。如原子结构的模型、DNA 分子结构的模型等等。因为不如此就不能把握事物的本质，甚至会出差错。例如乙醇和甲醚单就化学成分来讲是一样的，其分子式都是 C_2H_6O，但进一步分析其结构模型，两者就不一样了，乙醇的结构式是：



甲醚的结构式是：



由于结构式不同，使乙醇和甲醚成为两个虽有相同的化学分子式，但却完全是不相同的两种物质。乙醇是液体，沸点是78℃，能以任何比例和水溶合，而甲醚则是气体，几乎不溶于水。所以只有确切地描述出乙醇和甲醚的化学结构式（描述出它们各自的整体结构模型），才能对乙醇和甲醚这两种物质的整体有精确的认识。

三、分析与综合的统一

分析与综合的统一是辩证逻辑的一个重要逻辑方法。人们的

认识过程，尤其是科学研究中的认识过程都是分析和综合相统一的过程。分析和综合是紧密相联的，在人类的辩证思维活动过程中，随时都运用分析与综合相统一的逻辑方法。综合是以分析为基础的，分析又是以综合为归宿。

在形式逻辑的方法中，也讲分析与综合的统一，但这种统一仅限于前面所说的认识从分析开始归宿到综合。在辩证逻辑的分析与综合统一的逻辑方法中，起点不是分析而是综合，它以综合作为认识的起点，又以综合作为基础达到分析与综合的辩证统一。也就是说在认识过程所用的逻辑方法，不再是首先进行分析，然后综合，而是按认识对象的本来面目去认识它，把对象始终当作一个有机的统一整体来了解它的性质、内部组成以及各组成部分的结合方式、相互联系。它虽然强调综合，却不是不要分析，而是把分析放在综合的过程中，置于综合指导、控制下进行。也就是说，在认识各部分时不是就部分本身来认识，而是把它放在与其他部分的关系中来认识。在这个过程中，对整体的综合不仅仅规定了分析的途径和方法，而且为分析提供了理论上的指导，在取得对部分的认识之后，还要把这种认识反馈到对整体的认识，与整体的认识比较，并且按照这种比较，对整体认识进行修改、充实和提高，从而使整体认识更加准确、更加丰富。

辩证逻辑的分析和综合过程不是平排并列的，也不仅仅是先后相继的，而是互相渗透的，它们是同一辩证思维过程的两个方面。分析和综合是在同一思维过程中进行的，它是以悟性阶段所得的抽象理论思维的概念作为对象的。辩证逻辑的分析与综合过程，就是一方面对概念进行分析，也就是揭示它所概括的，被舍弃的其他规定，同时又是将已经获得的概念与辩证逻辑的分析中所揭示的规定性加以综合的过程。经过辩证逻辑的分析与综合，就使形式逻辑的概念，上升为辩证逻辑的范畴与理论。

在辩证逻辑的分析与综合相统一的方法中，分析和综合的关

系不是机械的外部的结合，而是辩证的统一。

首先，分析和辩证的统一表现在两者的区别是相对的，我们对一个事物进行综合时，同时是对一个更高层次的事物进行分析。

其次，分析和综合的辩证统一表现在分析和综合的相互依存、相互渗透中。综合必须以分析为基础，没有分析，认识就不能深入，对总体的认识就只能是抽象的、空洞的；只有分析而没有综合，认识就可能囿于枝节之见，不能统观全局。事实上任何分析总要从某种整体性出发，离不开关于对象整体性认识的指导，否则分析就会有很大的盲目性。只有将分析和综合这两种方法结合起来使用，才能达到较全面的认识。而且人们在实际思维过程中是分析时有综合，综合时有分析。

再其次，分析和综合的辩证统一还表现在它们的相互转化上。由综合转化为分析体现了人们的认识已由认识总体到认识事物的各个具体规定。由分析向综合转化，使人们恢复了对事物本来联系的整体观念，使认识达到一个新的高度。人们的认识是一个由现象到本质、由一级本质到二级本质不断深化的过程。在这个过程中，从现象到本质、从具体到抽象的飞跃是以分析为主的；一旦达到了对事物的本质的认识，就要用这个本质说明原有的现象，这就是提出假说、建立理论(或模型)的过程，这个过程就以综合为主。随着认识的推移，当新的事实与原有的理论发生矛盾时，认识又可能在新的层次上转入分析。人们的认识就是在这种分析——综合——再分析——再综合的过程中不断前进的。例如对物质结构的某一层次的认识来说，它对上一层次是分析性的认识，对于下一个层次来说又是个综合性的认识。分析和综合对不同的物质层次来说有一个转化的问题，这种转化是分析和综合辩证统一的一种形式。

在自然科学和工程技术科学中的研究工作中必须运用分析与综合相统一的方法才能达到目的。例如在生理学的研究中常将急

性实验与慢性实验结合起来使用，这种研究方法就是分析与综合的统一。急性实验，是从机体中取出某些组织或器官来进行研究，这时动物机体已经死亡，取出这些组织也只能暂时保持生命活动的机能。这种实验能达到分别研究动物机体的各种组织和器官的特性和局部的运动规律的目的。这种研究主要是使用分析法。慢性实验，是为了观察实验的需要，使用外科手术在动物机体上制造一个瘘管（如胃瘘），或在某一部分埋藏一个能把生物电引出来的电极，但整个机体还保持基本上正常的生命活动。例如巴甫洛夫在狗身上做的条件反射实验，就是一种慢性实验。它可以比较完整地研究在感受器、神经系统和效应器之间所进行的外界信息的接受、转换及传递的过程。这两种实验相对而言；急性实验是一种分析的实验，它能够更深入地揭示出某种机能的精细过程；慢性实验则是一种综合的实验，它便于从整体上、从相互联结上研究机体的功能。这两种方法都是生理学研究中不可缺少的实验方法，两种方法各有，长处相辅相成。所以，只有把分析和综合结合起来使用，才能达到较全面的认识。

科学研究中常用的理想模型法是分析和综合相统一的典型。我们周围的事物都是多种质的规定性的统一，而且在其中起作用的规律也是多样的，而且各种不同规律相互影响、相互制约、形成了一种错综复杂的图象。我们在科学研究中要把有关的事物认识清楚，不是一下子能做到的，因此为了认识起来方便一些，就往往采用理想模型法。卡诺发现蒸汽机热机循环的科学方法，就是采用的理想模型法。恩格斯针对卡诺的实验指出卡诺“研究了蒸汽机，分析它发现蒸汽机中的基本过程并不是以纯粹的形式出现，而是被各种各样次要过程掩盖住了，于是他撇开了这些对主要过程无关重要的次要情况，而设计了一部理想的蒸汽机（或煤汽机），的确，这样一部蒸汽机就像几何学上的线或面一样是决不可能创造出来的，但是它按照自己的方式起了像这些数学抽象所起的同样

作用：它表现纯粹的、独立的、真正的过程。"⑦这里所讲的理想蒸汽机就是理想模型。设计这种理想模型的方法，就是对由分析所得的与主要过程有重要关系的那些重要情况进行综合。这种理想的模型，既然表现了"纯粹的、独立的、真正的过程"，那么，就可能使我们比较容易地、清晰地认识有关主要过程的规律。

几何学上运用点、线、面、体、正方形、圆等等，物理学中的理想气体、刚体、绝对黑体等等，都是采用理想模型法的例子。

除了理想模型法以外，科学研究中所采用的许多重要方法，如数学方法、结构方法、系统方法等也都是分析和综合的结合。

可以说，任何近代科学研究工作，如果离开了分析与综合的统一这种辩证逻辑方法，就寸步难行。

第四节　抽象与具体的统一

在认识过程中，我们往往运用分析和综合相统一的方法，这种逻辑方法使用的过程，同时也是具体和抽象相统一的思维过程。我们在认识过程中形成科学的概念、范畴、理论和规律时，首先必须把复杂的客体在思维中分解为各个组成部分，然后再从其

注：

①恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第39页。

②《列宁全集》第38卷，第285页。

③同②，第278页。

④毛泽东：《矛盾论》，《毛泽东选集》第1卷，人民出版社，1952年版，第292页。

⑤黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第113页。

⑥同①，第39页。

⑦恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第207页。

中抽取反映客体本质的抽象要素，并把这些抽象要素综合起来以达到思维中的具体。这一过程既是分析和综合的统一，也是具体和抽象的统一。

辩证逻辑是从认识的成果和认识的方法这个角度来考察“具体”和“抽象”的。辩证逻辑要考察“具体”和“抽象”的区别以及它们之间的辩证统一关系。辩证逻辑要研究从抽象上升到具体的逻辑行程，以及抽象和具体相统一这个逻辑方法的方法论意义。

一、认识方法中的抽象和具体

本节所说的作为辩证逻辑方法的具体是指思维中的具体。人们认识事物的过程通常是具体——抽象——具体的过程。辩证逻辑方法中的抽象和具体，是指后一个阶段，由抽象到具体（思维中的具体）的阶段。认识初始阶段的具体是指人们在认识中对某一客观事物的完整的反映。形式逻辑中的具体和抽象是认识过程中的前一个阶段。由具体到抽象的阶段。

形式逻辑中所讲的具体是认识上这样一个客观事物的反映。现实中的各现象、对象是作为不同的方面、属性和关系的统一体、整体而存在的，例如任何植物都有很多方面的属性，它由根、茎、花或果实等部分组成，它具有一定的颜色和形状；而每一个具体部分又有自己独特的结构和形状等。认识上的具体的映象，就是从现象或对象各个方面的统一和相互联系中对现象或对象的完整的反映，也就是感性的具体。

形式逻辑中的抽象是指这样一种思维活动：由于对象或现象的各个方面、属性和关系具有相对的独立性，它们彼此不同，对于对象的本质具有不同的关系，而在认识上把对象的一些方面、属性分出来，撇开其他的方面把它们抽象出来的思维活动。

形式逻辑中的概念这种思维形式，就是这种由具体到抽象的

过程中形成的。

所以，“抽象”这个名词，从形式逻辑的角度来看，就是从完整的客观事物中抽取出个别的特征，作为一类事物的共同的普遍性的特征。形式逻辑关于概念的内涵和外延的反比关系就是从这种关于“抽象”的认识中提炼出来。在这种认识下，越是比较一般的概念，它的内涵就越少。现代实证主义者、语义学者海亚卡瓦在其1949年出版的《思想和行动中的语言》一书中，就把全部抽象过程，归结为从单一事物中减去属性的过程。他给名叫别西的一匹牛制造了这样一个抽象阶梯：1.自行存在的牛。2.我们所感知的牛，这时在关于牛的知觉中，就已经省略了这一单一对象的某些特点。3.“别西”这个词，这是人们给关于牛的知觉所起的名词，这个词不是对象；它表示对象，但省略了对象的许多特点。4.“牛”这个词，它包含着一切牛都具有的特点。5.“家畜”这个词，其中略去了牛的一切特点，保存了牛与猪、鸡、羊等共有的那些属性。6.“农民财产”这个词。7.“财产”这个词。8.“财富”这个词，它是在极高度的抽象的水平上，几乎略去了“别西”的任何特征。如果停留在这样的意义上去理解抽象，那么抽象的东西显然是不完整的、片面的，仅仅是一种形而上学的“抽象同一性”，这是不科学的。

但是，“抽象”这个词在辩证逻辑中却有着不同的意思，即把它看作深入事物本质，达到普遍性和规律性认识的一种科学的思维活动。在这个意义上，抽象不仅是合理的，而且是科学认识必不可少的手段。列宁说：“一切科学的（正确的、郑重的、不是荒唐的）抽象都更深刻、更正确、更完全地反映着自然。”①

我们的认识由感觉和表象向个别的抽象（它反映对象的最本质的方面）运动，乃是全部人类认识的总的进程。在一切科学知识领域中，无论是在自然科学中或是在社会科学中，认识都是这样进行的。

由于这个运动，我们的认识直接离开了对象及其一切偶然的和非本质的方面，但却更接近对象的本质、对象的真理。“当思维从具体的东西上升到抽象的东西，它不是离开——如果它是正确的……——真理，而是接近真理。”②思维借助于抽象而离开对象，只不过是为了更深刻地了解对象。抽象是获得具体全面的认识的一个阶段、一个步骤。

在辩证逻辑看来，抽象也是不断发展和深入的思维过程。现代科学上的任何概念，都经历了复杂而长期的产生和发展过程，而且现在也不能说这一抽象过程已经完成，也就是说不能认为科学上的某一概念的形成、发展过程已经终结，科学的发展再不会修改、充实它的内容了。物理学上的质量和能量，生物学上的种和属等等原初的、基本的、有着复杂而长期的形成历史的科学概念，都是经常不断在发展的。例如生物学上的“种”这个概念，是在概括人们关于动植物界的知觉和表象的基础上产生的。在林耐之前，这个概念并无严格的界限，人们把类似的动植物一概叫做种。以后，人们开始把种了介为一代一代地由共同的祖先或与其相似的祖先产生的个体的总和。达尔文学说是“种”这一概念形成过程的新阶段，他把“种”的变异性也包括到“种”这个概念中去了。

抽象概念不仅是不断发展的，而且在客观具体的基础上形成抽象概念后，还可以在纯思维领域里继续进行。现代物理学所运用的是非常抽象的定义和概念，它们的物理原型是很难设想的，有时甚至是不可能设想的。然而物理学正是靠这些抽象来深入和全面地认识物质的微观结构等物理现象的。在数学中，“虚数”、“绝对零”、“微分”等概念，并不是通过对于各个个别的虚数、绝对零、微分等等的知觉的比较(它们根本不能被感知)就能形成，而是要通过其他的较复杂的方法(不只是比较，而且也包括分析和综合，归纳和演绎)才能形成起来。从数学发展史来看，数学中的抽象大约经过了四个阶段。第一阶段就是数这个概

念的产生和数的符号即数字创立的阶段。这是撇开对象的无限多样的个别性质而进行纯量抽象的阶段。第二阶段是由具体的数过渡到文字符号，也就是由算术过渡到代数的阶段。在这个抽象阶段，具体的数对于文字符号来说表现为局部的东西。第三阶段，不仅撇开符号的数的内容，而且也撇开数学演算的具体量的内容，如$a+b=b+a$这个等式不仅是数量的等式，而且也是向量、移项置换等等的等式。第四阶段，又进一步撇开具体的运算形式，这时数学已上升到更高度的抽象阶段，它依靠“集合”、“群”、“抽象空间”这些抽象概念而掌握了极其微妙的自然过程。

抽象的概念、范畴、理论决不是不能认识，不能把握的。相反，抽象的概念、范畴、理论是人类思维的有效工具，是人类思维能力的特性。

恩格斯在《自然辩证法》一书中驳斥德国植物学家耐格里(Karl Wilhelm Von Nageli, 1817—1891)关于抽象的东西，由于我们不能直接感觉到而无法认识时，指出抽象的东西是从具体的东西中概括出来的，它只能用思维去把握。耐格里的错误，就在于他把抽象和具体、一般和个别、无限和有限割裂开来了；他企图在具体之外寻找独立存在的抽象，在个别之外寻找独立存在的一般，在有限之外寻找独立存在的无限，这就不可避免地造成了思想上的混乱。恩格斯说：“我们知道什么是一小时或一米，但是不知道什么是时间和空间！仿佛时间根本不是一小时而是其他某种东西，空间根本不是立方米而是其他某种东西！物质的这两种存在形式离开了物质，当然都是无，都是只在我们头脑中存在的空洞的观念、抽象。”③我们先从可以感觉到的事物造成抽象，然后却不能认识我们自己作出的这些抽象！全部混乱就在于经验主义者不懂得思维的作用，他们根本不懂得抽象和具体、一般和个别、无限和有限的辩证法，他们“在研究抽象东西的时

候，还以为自己是在感性认识的领域内。”④

在理性认识中，思维活动继续前进，就由抽象再回到具体，思维中的具体，从而达到抽象与具体的统一。

科学的抽象是抽象和具体的统一。科学抽象程度越高，就越接近具体，这个具体是在抽象思维的过程中达到的，所以是思维中的具体。以抽象化了的概念、范畴、理论或一般规律的形式表述出来的思维中的具体，比直接来自感性直观的感性具体更具体得多。因此，恩格斯说：“运动形态变化的一般规律比运动形态变化的个别‘具体’例证更具体得多。⑤”例如在机械制造中，齿轮啮合原理是一门关于齿面几何性质和运动学性质的技术科学。实际的齿面间由于有油膜，有误差和有弹性变形，因而是一个复杂的系统。啮合原理研究的是理想模型的运转规律，即齿面间没有油膜、没有误差和弹性变形的齿轮的运动规律。这种理想模型是不存在的，但它的运动规律却反映了具有一定几何形状的实际齿面（尽管有误差）间的本质的、必然的运动关系。虽然没有一对齿轮是完全按照这一规律来运动的，但也没有一对齿轮能逃脱这一运动规律的支配。正是这一运动规律为进一步研究齿轮的承载能力、噪音等其他方面的性能提供了依据，这一作用绝非任何一对具体齿轮所能完成的。有了理想模型之后，为了用分析的手段研究其运动规律，还必须将理想模型抽象为数学模型。若用一个或几个方程式来表示齿面，用方程组来表示齿面的相切接触过程，就得到了整体的数学模型。对于螺旋锥齿轮和蜗轮等复杂齿面来说，往往是一个复杂的非线性方程组，它虽然反映了理想模型的全部规律，但却是一个难以掌握的规律。为了便于分析，还要把理想模型的有限运动抽象为某一瞬时的无穷小运动，相应地描述齿面相切接触过程的非线性方程也就变成了微分方程。而齿面呢？只要是光滑的，在啮合点的邻域内总可以用抛物面来近似描述。通过这样的数学抽象之后，如果再使用张量或活动标形等数

学工具，就可以发现，对于任何齿轮，其运动微分方程都是一样的。这样就可以抛开具体的齿轮类型，研究抽象的齿轮运动规律。如果用二阶抛物面来近似描述实际齿面，还可以得到高阶加速度及一系列的何几参数，把接触过程中二阶量的变化趋势都描述出来，从而使整个接触过程栩栩如生地再现在人的思维之中。这种思维中的具体是对齿轮运动规律的本质和必然的反映，因而比具体的齿轮更为具体。

"具体概念"这个思想是黑格尔首先提出来的，黑格尔认为形式逻辑把概念只理解为对象的共同点的概括是不够的，这种"概念"是"抽象概念"，是对概念的形而上学的理解。他认为，概念相对于感觉中的具体事物而言，它是显得抽象的；但是，概念作为存在与本质的统一，它是许多"不同的规定之统一"，所以它又是真正具体的。在西方哲学史上，黑格尔是第一个提出"具体概念"以区别于"抽象概念"的哲学家。这里的具体不是感性的具体，而是理性的具体、思维中的具体。

恩格斯正是吸收了黑格尔关于"具体概念"的思想，而写了上面引的关于思维中的具体这段话。恩格斯的意思是说，我们认识事物的过程，是从感性的具体到抽象的规定，再由抽象的规定综合为思维的具体，走的是从抽象上升到具体的道路。运动形式变换的一般规律，是从大量事实中抽象概括出来的，其表现形式虽然显得抽象，但包含着丰富的内容；它已是许多规定的综合，已是思维中的具体，所以它比运动形式变换的个别"具体"例证要具体得多。马克思说："具体之所以具体，因为它是许多规定的综合，因而是多样性的统一。因此它在思维中表现为综合的过程，表现为结果，而不是表现为起点，虽然它是现实中的起点，因而也是直观和表象的起点。在第一条道路上，完整的表象蒸发为抽象的规定；在第二条道路上，抽象的规定在思维行程中导致具体的再现。"⑥

抽象和具体是马克思主义认识论和辩证逻辑的一对重要范

畴。由感性的具体到抽象，再由抽象到思维中的具体是人类认识发展的一般规律，也是每一个具体认识过程的一般规律。

我们对事物的认识过程，一般来说，总是这样的：开始时，未知的客体是未经分解的整体，人们虽能感觉到它的存在，看得见，摸得着，但对它还只有一个大致的、表面的了解，这时人们对客体的认识只是一种抽象的“混沌表象”，是一种感性的具体。然后，人们对客体进行具体分析，把它分解成许多部分和许多方面，分别地加以研究，形成一些抽象概念。这时人们对客体的认识就比较深入具体一点了，但是还显得零散，不那么完整和系统。因此，人们在分析的基础上进行综合，形成一个对客体的比较全面和深入的认识，导致对客体整体形成抽象的概念。但这时人们对客体的认识仍未达到舍弃全部偶然的、非本质的因素，还不能具体地把握事物的总体和规律。因此人们的认识还要在实践的基础上进一步进行分析和综合，达到对事物各个本质方面全面而具体的理解，即达到思维中的具体。思维具体已舍弃了感性具体的偶然因素，除去了感性具体的物质外观形态，而以对事物各个本质方面的统一理解再现了现实具体。只有到这个时候客体对人们来说才是真正具体的。因为人们对它的认识已经不是象开始那样的空虚和抽象，而是已经掌握了它的本质，在认识上已经大大充实了。人们认识事物的过程就是这样从具体到抽象，再从抽象到具体的。概念、范畴是从大量的具体事物中抽象、概括出来的，相对于感性的具体来说，它是抽象的；但是概念、范畴深刻地揭示了这些具体事物的本质，所以从理性认识来说，它又是真正具体的。这里的具体，不是指看得见、摸得着的感觉上的具体，而是指理解和把握具体事物的本质，认识到它是“不同的规定之统一”。

抽象，是从事物总体的相互联系中抽取其某一方面而暂时撇开其他方面的思维过程，也是关于事物某一方面的规定。科学的抽

象不是抽取事物的任何一个方面，而是抽取其本质的方面，事物的各个不同的本质方面既互相联系着，又有相对独立性。所以，我们在实践的基础上，可以在思维中选择和抽取事物的某一方面，并加以规定。抽象、抽象的规定，使现实的总联系割裂了，肢解了，较之感性具体似乎远离了对象，但却是认识发展的一个新的必经的步骤，为在思维中再现具体打下了基础。因此，认识经由感性具体到抽象的规定的过程，是由感性认识到理性认识的一个质的飞跃，是逻辑思维的第一个阶段。

这种事物各方面的抽象规定，只反映了事物本质的某一方面。这样的认识是不全面的，也不能得出规律性的结论，不能拿它当作指导实践的响导。所以认识有待于由各个抽象规定上升为思维的具体。所谓思维的具体，就是各个抽象规定的总和、总结。思维的具体不同于现实的具体，因为它是以逻辑范畴、概念的主观反映形式表现出来的，是在思维中改造过的、再现出来的现实的具体。虽然它的内容是客观的，但毕竟不是现实具体本身，但现实的具体引起的感性直观，不能帮助我们把握此具体事物的规律，从而也不能真正深刻地理解它们；只有思维具体能帮助我们把握它的规律，从而能真正深刻地理解他们。所以毛泽东同志说："感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西，才更深刻地感觉它。"⑦

二、从抽象上升到具体的逻辑方法

从抽象上升到具体的思维方法，是黑格尔第一个提出来的。他认为，抽象并不是认识的终点，认识必须从抽象上升到具体，这和在分析之后必须有一个综合过程一样，否则，认识过程就还没有完成，认识的任务也没有达到。在黑格尔的哲学体系中，明显地体现了抽象上升到具体的逻辑方法的作用。黑格尔的哲学体

系是从最抽象的概念——“存在”出发，逐步上升为：无，生成，质，量，度；再到本质（同一，差异，根据），现象，现实；最后到概念。其中又由主观概念（概念，判断，推理）到客观概念，最后进到绝对观念为止。在这个上升发展过程中各个概念依次发展，一个比一个具体。在黑格尔看来，“绝对观念”是最具体的，是多样性规定的综合。黑格尔提出的从抽象上升到具体的方法是符合辩证法的；但是，他是以唯心主义的世界观为指导来说明这一方法的，他没有看到这一方法是认识客观世界的过程中产生的，相反，他把从抽象上升到具体的方法神秘化了，即认为客观具体世界是由于运用了这一方法而产生的。

马克思在其政治经济学的研究工作中，采用了黑格尔的从抽象上升到具体的思维方法，并对这方法进行了唯物主义的改造，使之成为科学的逻辑思维方法。马克思指出：“黑格尔陷入幻觉，把实在理解为自我综合、自我深化和自我运动的思维的结果，其实，从抽象上升到具体的方法，只是思维用来掌握具体并把它当做一个精神上的具体再现出来的方式。但决不是具体本身的产生过程。”⑧马克思就是这样运用抽象上升到具体的方法，纠正了英国古典政治经济学者的错误，科学地分析了资本主义社会的矛盾，并按照矛盾的联系和转化，用概念、范畴在抽象思维中把这些矛盾按其固有规律固定下来，从而在逻辑上再现资本主义社会的客观矛盾的运动过程，并说明资本主义社会和资本主义生产的实质。

在辩证唯物主义者看来，在思维过程中的上升就是向全面地认识对象的本质运动。在上升之后，发生改变的是我们认识上的映象，而不是对象本身。所以，辩证逻辑认为具体的东西是认识过程的一个阶段的起点和终点。感性具体是认识的出发点，思维具体是许多抽象认识的综合，是终点，也是认识的目的。而个别的抽象则是达到这一目的的手段。

从抽象上升到具体的过程要运用综合方法（当然也运用分析

方法），但“上升”和“综合”是有区别的。“从抽象上升到具体”是在对诸有关抽象概念进行分析和综合的过程中实现的，但是综合的过程并不只是“从抽象上升到具体”。综合的方法，分析和综合相统一的方法在所有的辩证思维活动中到处都要运用；而上升的方法则主要是应用于形成科学体系或某个科学学科的理论范畴的研究中。其次综合方法和上升方法所处理的抽象思维内容也不是一样的。综合法只是通过思维活动，将事物的经过分析所获得的理性认识，按照事物固有的规律和逻辑规则，作为相互联系的要素联合成一个统一体。上升法所处理的对象不是任意的一些抽象概念、而必须是反映该对象的本质的最抽象、最简单、最一般的东西。

从抽象到具体的过程是从简单的“细胞”上升到“肌体”的过程。一切科学毫无例外地都要按照从原始“细胞”向更加复杂、更加发达的事物发展的顺序来叙述，用抽象到具体的上升方法来描述。抽象的是指认识中处于萌芽状态的、不发达的、处于低级阶段的，尚未发生质的分化因而含义贫乏、内容空洞的东西；具体的是指发达的处于高级发展阶段的，内在的质的规定业已展开了的，因而包含着丰富内容的事物。

不能把上升的起点、理论综合的基本“细胞”简单地理解为某个抽象的概念，因为它往往是一个抽象的理论。当然作为上升起点的细胞应该包含有以后必然会发展起来的各种基本矛盾的萌芽,并以某种不发达的胚胎形式表形现出来,并且它同时也是构成这门学科或对象的基本单位，它在特定的研究范围内，必须是最后的抽象，是反映对象最一般和最基本的本质规定的抽象。欧几里得几何学是从论证两点之间的直线最短这个公理开始，牛顿力学从运动三定律开始，古典热力学是在能量守恒原理和以熵概念表述的热力学第二定律的基础上发展起来的。人类对一门科学的认识方法可以是从简单到复杂,也可以是从复杂到简单,可以先建

立科学大厦的最上层，而后建立它的基础。但是一个科学体系及其叙述方法都必须是从简单到复杂，从细胞到肌体的上升法。生物学就是从最简单的单细胞生物开始向越来越复杂的有机体（向它们的种、层、科、目、纲等等）发展，一直叙述到从最高等的灵长类动物（动物界系列中的类人猿）转变成人。在化学的科学体系和叙述体系中是从元素开始到化合。元素又是从氢等最简单的到复杂的铀等。到化合就是到了分子，发展到分子化学，也就是从处于游离状态（即简单物质状态）的元素的性质到研究这些元素的化合物的性质及其化合方式。这样就发展到化合物。化合物中又是从最简单的化合物到越来越复杂的化合物，以至到最高级、最复杂的化合物。这样就从无机化学进到有机化学。到了有机化学，也是从最简单的有机化合物（碳氢化合物）开始，在碳氢化合物中又从最简单的脂肪族化合物——石腊（脂肪族饱和化合物）开始。碳氢化合物又经过一些特殊的有机化学反映，首先是取代反映（通常是氯化作用），而使碳氢化合物转化为它的衍生物（如酒精等）。衍生物又是从最简单、低级的向复杂、高级的衍生物发展。

由此可见，从抽象到具体的上升方法必须依据一定的逻辑层次和顺序，亦即从逻辑起点开始，并对事物的联系和本质的复杂性、具体性有了一定的认识之后，才能依次从抽象上升到具体。上升的逻辑层次和顺序是逐步进行的，不能跳过必要的环节，否则就要犯“逻辑跳跃”的错误。此外。上升不是把抽象的东西一个一个地汇集起来的简单过程，也不是把对事物的一个一个抽象规定性机械地拚凑和罗列起来，而是在上过程中进一步改造这些抽象内容，甚至综合后所含的个别的抽象要比综合前的那些抽象更加有利于深入地认识具体现实。

三、抽象和具体相统一的方法论意义

辩证逻辑关于抽象和具体相统一，从抽象上升到具体的逻辑方法，是人们认识事物的本质、事物的全体及其发展规律的重要工具。它对科学研究工作以及各门科学理论本身的发展都有着重大的作用。

辩证逻辑关于抽象和具体相统一，由抽象上升到具体的逻辑方法，既是思维把握具体对象的一种认识方法，又是构成科学理论体系的一种重要方法。如同前面所说的，只有运用抽象上升到具体的逻辑方法，才可能形成一门科学的理论体系。

辩证逻辑关于抽象与具体相统一的逻辑方法深刻地论述了真理的具体性。所谓具体真理也就是相互矛盾着的两个对立规定的综合，说明了具体真理是普遍性与特殊性的统一。辩证逻辑关于抽象与具体相统一的方法，指出了从抽象上升到具体是认识达到具体真理的逻辑途径。

辩证逻辑关于抽象与具体相统一的逻辑方法，使我们认识到：认识不能停止在感性的具体到理性的抽象阶段，而是要继续前进，达到理性的具体（思维的具体）。正如通过分析的方法达到抽象的规定一样，认识并未完成，必须再通过综合，由抽象的规定达到思维的具体，才能获得对事物的科学的认识。

认识之从感性具体到抽象概念再到思维中的具体这个发展过程也是一个否定之否定的过程，是辩证逻辑基本规律的作用的一种体现。抽象概念是对感性具体的否定，而作为许多抽象概念的综合的思维具体又是对抽象概念的否定。但这不是回到原来的具体而是回到处于较高发展阶段的具体，是对认识对象的更深入、更全面的认识，而且认识并不停顿在这个过程上，认识还要继续发展和深入。对认识的一个过程获得的思维具体进行分析和综合，就

可得到更高阶段的抽象，这些抽象的综合，就能得到更深刻、更全面的关于认识对象的(具体)知识，也就是获得更高阶段的思维具体。人类的认识就是这样不断继续下去的，真理性的认识就是这样发展和进行的。

例如关于天体起源的学说，康德的星云起源假说是一个思维具体，但仅只是根据力学的规律性，即根据对引力和斥力这两种力量相互作用的认识来再现行星起源的过程。现代关于天体演化的假说是根据现代科学（天文学、力学、物理学、化学、地学等）所提供的理论知识和近代先进技术所获得的资料（已是理性认识的资料）进行分析研究和综合而成，它更全面、更完备地阐明行星起源的复杂过程，更完备地在思维中再现这个具体过程。

注：

①《列宁全集》第38卷，第181页。
②同①，第181页。
③恩格斯：《自然辨证法》，人民出版社1971年版，第213页。
④同③，第213页。
⑤同③，第200页。
⑥马克思：《〈政治经济学批判〉导言》，《马克思恩格斯选集》，第2卷，人民出版社1972年版，第103页。
⑦毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第1卷，人民出版社1952年版，第275页。
⑧同⑥，第103页。

第五节　历史与逻辑的统一

与抽象和具体相统一的思维方法密切相联系的是历史与逻辑相统一的思维方法。马克思说："……从最简单上升到复杂这个

抽象思维的进程符合现实的历史进程。”①所谓历史的东西，广义地说就是客观事物本身的历史发展，狭义地说仅指人类对客观事物的认识史；而逻辑的东西则是客观事物的发展在人们头脑中的反映。当我们考察概念、范畴及其关系的历史发展时，这些概念范畴对我们的思维活动来说也是客观存在着的事物，因此也是历史的东西。恩格斯认为：概念和概念关系的历史发展和已在个别辩证论者头脑中的发展的关系一样。②这说明逻辑的东西大致地重复着历史的东西，当然这种重复已经舍弃了偶然性的细节性的部分，而只是重复历史发展中那些合理的、必然的和本质的东西。

科学的任务就是从大量经验事实中抓住必然性的东西概括成为理论。掌握大量历史资料，把经验上升为理论的过程，就是历史的东西向逻辑的东西转化的过程。

辩证逻辑是从思维活动的角度对人类认识史的总结，它本身就是人类认识发展的成果，因而特别重视历史和逻辑相统一这个原则。历史和逻辑相统一是辩证逻辑方法中的一个重要方法。只有从一致性上去把握历史与逻辑两者的关系，才能揭示事物的辩证本质和发展规律，才能真正成为科学思维的方法。

黑格尔是在哲学史上、逻辑学史上第一个提出历史与逻辑相统一这个命题的。他在《哲学史讲演录》中说：“我认为：历史上的那些哲学系统的次序，与理念里的那些概念规定的逻辑推演的次序是相同的。我认为：如果我们能够对哲学史里出现的各个系统的基本概念，完全剥掉它们的外在形态和特殊应用，我们就可以得到理念自身发展的各个不同阶段的逻辑概念了。反之，如果掌握了逻辑的进程，我们亦可从它里面的各个主要环节得到历史现象的进程。”③黑格尔这一思想是很深刻的。黑格尔关于历史与逻辑相统一的思想，当然也是有缺陷的，因为黑格尔是个唯心主义者，他是从唯心主义理论体系的角度来阐述历史与逻辑的

统一的，因而他错误地把历史现象看作是逻辑过程中事先按排好的东西，是先有逻辑而后才有历史，它们统一于"绝对精神"。而且在黑格尔的哲学史中叙述各个哲学学派的发展过程来体现历史与逻辑的统一时，有许多牵强附会的地方。

一、历史的认识方法和逻辑的认识方法

"历史的"这个概念，一方面表示客观事物本身有一个历史发展过程，另一方面表示人类对客观事物的认识也有一个历史展发过程。"逻辑的"这个概念是指人类从概念等思维形式对客观事物的历史过程及其规律的概括的反映。因为事物都有它们的历史和逻辑，因此，对它们的研究就可以采取历史的方法和逻辑的方法来探索它们的本质和发展规律。

所谓历史的方法，就是按照事物的自然行程来揭示历史规律的研究方法，就是考察事物的历史发展，从事物的全部具体性上把它们的发展进程和规律再现出来。

一般的说，历史的发展是从最简单的关系进到比较复杂的关系的运动过程。因此历史的方法是一种研究简单关系进展到研究复杂关系的一种思维方法。

历史的方法是尽可能地反映全部具体实在的思维方法。这种方法，一般的说要研究一切历史形式，包括起扰乱作用的偶然现象、逆流和细枝末节在内。要在材料的海洋中去探寻事物的本质和发展规律性。

历史的方法的长处是能够明确如实地反映历史发展进程，并从其发展中揭示出事物的本质。考察事物发展的历史及其全部细节的目的是为了揭示事物发展过程及其本质。这种方法的缺点是"历史常常是跳跃式地前进的，如果必须处处跟随着它，那就势必不仅会注意许多无关紧要的材料，而且也会常常打断思想进

程。”④

逻辑的方法就是把事物的发展进程在思维中以逻辑的形式表现出来的研究方法。这种方法“摆脱了历史的形式以及起扰乱作用的偶然性”，“是历史过程在抽象的、理论上前后一贯的反映，这种反映是经过修正的，然而是按照现实的历史过程本身的规律修正的。”⑤逻辑的方法是进行科学概括的方法，它是通过分析，抓住事物的内部矛盾，去研究事物发展过程中自始至终的矛盾运动的思维方法。它又是撇开事物的偶现然象，直接探寻事物本质的方法。逻辑的方法具有历史方法所没有的优点，它摆脱了历史的形式和起干扰作用的偶然性。但是逻辑方法也有它的局限性，因为纯逻辑推断可能会发生错误。

二、历史的方法与逻辑的方法的辩证关系

从认识论角度来说，历史的东西就是认识过程的发展，人必须从发展中，从历史上来认识客观事物。而历史的考察就要考察历史发展的具体形态，说明事物发展的不同阶段。历史的方法可使人们认识到历史运动的全部丰富内容。但要揭示事物的历史，区分出它的发展的主要阶段和主要的历史联系，就要对该事物的历史发展进行总结和概括，这就是逻辑的东西。恩格斯说：“历史从那里开始，思想进程也从那里开始，而思想进程的进一步发展不过是历史过程在抽象的理论上前后一贯的形式上的反映；这种反映是经过修正的，然而是按照现实的历史过程本身的规律修正的，这时，每一个要素可以在它完全成熟而具有典范形式的发展上加以考察。”⑥辩证逻辑就是以理论的形式反映对象的本质、必然性和规律性，同时又反映对象的发展史。具体地说，认识从什么地方开始，辩证逻辑的范畴体系就应该从什么地方开始，认识发展到了什么程度，范畴体系就应该发展到什么程度，

在认识史上先出现的范畴，在范畴体系中就应该安排在前面，反之亦然，因为逻辑的东西不过是认识史的概括和总结。

既然思维以存在为依据，那末逻辑的东西也必须以历史的东西为依据，总结概括出逻辑范畴，从而成为人们把握具体真理的工具。所以列宁说辩证逻辑是关于真理的问题。“人对自然界的认识（＝“观念”）的各个环节，就是逻辑的范畴。”⑦“范畴是区分过程中的一些小阶段，即认识世界的过程中的一些小阶段，是帮助我们认识和掌握自然之网的网上纽结。”⑧可见，认识过程和逻辑过程是完全一致的，逻辑范畴发展的顺序应该同认识的不断深化过程相一致。研究逻辑范畴及其体系的发展史本来就是辩证逻辑的一项基本任务。

在科学研究中，根据对象的不同，有的科学的逻辑体系可以直接是客观对象历史本身的反映，例如普通生物学是按照有机体从最简单的单细胞起，然后向着愈来愈复杂的有机体发展的历史来叙述的；有的科学的逻辑体系可以按照人们对它的认识的历史过程来叙述，例如经典力学的逻辑体系是从静力学开始，然后叙述运动学，最后叙述动力学部分，这大体上是经典力学自身的理论发展历史的缩影。但不管是何种方法都应该体现历史和逻辑的统一。

用历史的方法来研究问题，就要考察研究对象的过去和现状，考察它的过去是为了从这一对象的历史发展中来探寻它的本质和发展规律。考察它的现状，是因为对象在现状阶段比历史阶段更成熟，矛盾暴露得更充分，更易于揭露和把握它的本质。只有研究了对象的历史和现状，才能认识对象自身发展的全过程，并从中把握其发展规律。所以逻辑的方法必须以历史的方法作补充，必须应用对对象进行历史研究时所取得的材料和对它进行历史研究时所取得的成果，只有在这样的基础上，逻辑的方法才有可能揭示和说明对象的现状是它过去历史发展的必然结果，并从

中找出对象发展的规律。另一方面，逻辑的方法是以它特有的概念、范畴体系的理论形式把对象发展的规律反映出来，而一旦达到这一点，就可以对历史的方法反过来起指导作用。人们一旦获得了研究对象的规律性知识，就可以将它作为通观整个历史过程及全部历史材料的总观点和线索，来对全部历史材料作出分析，区分哪些材料是体现研究对象发展规律和本质的主流和本质的东西，哪些是属于支流和非本质的东西，即使对那些偶然的东西，甚至一些曲折和倒退的现象都能得到科学的、理论性的说明。所以历史的方法和逻辑的方法在科学研究工作中是互为前提、互相补充、互相渗透的。

每一门科学都必须遵循历史和逻辑相统一的原则来建立自己的体系。排斥历史的方法，逻辑的方法就可能陷入形式主义；排斥逻辑的方法，历史的方法就可能流于经验主义。把历史的方法与逻辑的方法有机地结合起来，是正确地进行理性思维的基本要求。通过运用历史方法，使认识过程现实化，通过运用逻辑方法使认识过程理想化。

在研究和叙述的方法上，有历史的方法与逻辑的方法的区别，而且从不同的角度研究事物，只需要有不同的角度，可以侧重于使用这种方法，也可以侧重于使用那种方法。但是作为科学的思维方法，历史的方法与逻辑的方法并不是两种并列的方法，而是统一的辩证思维方法的两个环节。因为，虽然在研究和表达的形式上有所区别，但是逻辑的方法必须是历史的，历史的方法必须是逻辑的。逻辑的方法是从人们认识达到的最高点上，用概念、范畴的推演，建立理论体系来揭示所研究的对象的内在联系。但是运用这种方法时，必须以历史进程为其客观基础，否则的话逻辑推演就成了主观臆想或唯心主义的猜测了。在主要运用逻辑的方法时，历史与逻辑的统一不只需要历史方法的补充和例证，更重要的是应以历史发展为依据。历史的方法是从所研究的对象自

身发展的进程中揭示对象的内在联系，但是必须从对象自然逻辑中大量存在的偶然性、曲折和跳跃的认识和描述中，去探求对象自身的内在逻辑联系。在主要运用历史的方法时，历史与逻辑的统一不仅是指历史方法要接受逻辑方法的指导，更重要的是要从历史发展过程中寻出对象自身发展的逻辑。

总之，历史和逻辑的统一是建立在辩证唯物主义的认识论、能动的反映论的基础之上的。在这种统一关系中，历史是第一性的，逻辑是第二性的，逻辑是历史的反映。但是逻辑反映历史，并不是简单的亦步亦趋的反映，而是有其特点的。首先，逻辑是历史在理论上的集中表现，它是历史的简要缩影。历史发展是曲折而漫长的，其中充满着各式各样的偶然性，而逻辑则概括了历史的要点，反映了历史发展的内在必然性。所以逻辑只能在本质上、基本趋向上与历史相一致，而在细节方面是有差别的，有时甚至要暂时离开历史的线索，略去一些历史上偶然的反复。逻辑是根据历史规律校正过了的历史的东西。其次，逻辑是在现代已经达到的认识水平的高度上来概括和反映历史的，它是以往全部认识史的总结和结论，所以它是高水平认识阶段的产物。我们研究一个事物，不仅要分析它的历史，而且要分析它的现状，通过研究现状，可以照亮它的历史，能够指导我们应当遵循什么道路去研究它的过去。马克想在《〈政治经济学批批〉导言》中说的："人体解剖对于猴体解剖是一把钥匙。低等动物身上表露的高等动物的征兆，反而只有在高等物本身已被认识之后才能理解。"⑨这段话就含有研究现状就可以照亮历史的意思。

马克思的《资本论》，就是历史和逻辑相统一的最杰出的范例。《资本论》是用逻辑的方法写的，是一个严密的逻辑范畴体系，但它也是一般资本主义产生和发展的历史。商品既是逻辑的起点，也是资本主义历史的出发点。从商品到货币，再到资本，再到绝对剩余价值，再到相对剩余价值这一逻辑分析过程，既是

从简单到复杂的逻辑过程体系，同时也是资本主义历史发展过程的体系。《资本论》概括了资本主义历史的要点，它是资本主义历史的本质的反映，体现了历史和逻辑的统一这个原则。

三、历史与逻辑相统一的方法论意义

各门科学都有自已特有的研究领域和研究方法，但是各门科学的整个研究方法不可能脱离历史与逻辑相统一的原则。因为历史与逻辑相统一的辩证逻辑方法与辩证逻辑的归纳与演绎、分析与综合、由抽象上升到具体的方法一样，都是人类认识客观真理的最一般手段和方法，它们贯串于人类辩证思维活动的整个过程。这四种方法的作用如果说有区别的话，就在于归纳和演绎相统一的方法与分析和综合相统一的方法着重使用于认识的个别环节上；抽象与具体相统一的方法和历史与逻辑相统一的方法，着重使用于比较系统、比较完整的认识过程中。一个比较系统、比较完整的科学认识离不开历史与逻辑相统一的逻辑方法。

历史和逻辑的统一是建立科学理论体系的重要方法，它提供客观依据和方法论指导。前述经典力学的理论体系就是这样建立起来的。1586 年西蒙·台文斯通过分析物体平衡条件将一个力分解为分力提出了力的平行四边形法则，建立了静力学。1589 年伽利略进行了落体研究，以后提出了惯性定律（力学第一定律），开创了运动学。17 世纪牛顿在其科学研究中，提出了作用于物体上的力和物体的加速度成比例的运动规律（力学第二定律），奠定了动力学的基础。从静力学到运动学再到动力学的经典力学理论体系，正是历史（经典力学的发展史）和逻辑（经典力学理论本身发展的逻辑）发展的必然结果。

历史和逻辑的统一也是辩证逻辑进行判断分类的根据和原则。

黑格尔批评了形式逻辑将各种判断形式并列起来的错误，正确地提出判断形式的排列应该是与人类思维活动从低级向高级发展的过程相一致的。但是黑格尔从其唯心主义观点出发未能科学地、彻底地解决判断形式的排列和从属关系。恩格斯从思维规律和自然规律相一致的辩证唯物主义观点出发，认为历史和逻辑的统一是判断分类的根本原则，才科学地、彻底地解决了这问题。他在关于判断的分类的札记中写道："表现在黑格尔那里的是判断这一思维形式本身的发展，而在我们这里就成了对运动性质的立足于经验基础的理论认识的发展。"⑩科学史上人们对事物的认识发展过程，判断的发展过程都是这样的。例如人们对于物质的认识和所下的判断就是这样的过程。古代人把物质归结为水、火、空气等各别具体物质，这时人们对物质所下的判断是个别的判断；后来，近代人把物质归结为具有惯性、质量，不可入性等不变属性的实物，这时他们对物质所下的判断是特殊的判断；最后，辩证唯物主义确立了物质的最一般的定义，即物质是不依赖于人的意识并且为人的意识所反映的客观实在，这是普遍的判断。

运用历史与逻辑相统一的方法有助于排除错误认识，揭示客观规律。例如研究我们所居住的地球的历史，根据现有的资料，地球的历史大约已有46亿年长，这么漫长的历史，人们如何去考察它、研究它以便认识它呢？通常科学家用历史比较法来研究地壳，以达到对地球史的了解。

历史比较法是以对现代各种地质现象的了解作基础，再根据地壳中过去地质作用的遗迹，辩证地判断过去地壳发展的变化情况。也就是说根据现代的地质作用，推断过去的地质作用，利用已知的现在的情况去推断过去的未知的情况，以现在分析过去，恢复地质历史。例如，螺蚌是生于水中的，在现在的高山地层里如果发现螺蚌的化石，就可以判断出这座高山在过去曾经是海洋或河湖，并可得出结论：遍布地球的许多山脉并不是地球形成开

始时就存在的，而是地壳历史发展的产物。

但是，在漫长的地质历史中，虽然有其统一的发展规律，而各个地区的地质发展过程仍有很大的差异。历史发展不是简单的重复和循环，过去不会和今天完全一样。因此运用逻辑的方法进行历史比较以今证古时，还必须根据具体情况，进行具体分析，才能得到既符合一般规律，又结合各地区的特点和差异的结论。例如地球形成初期，由于当时火山活动强烈，大气中一氧化碳的含量可能比现在多，又由于当时还没有植物出现，因此也不会有大气中的游离碳变为固定碳的过程。到石碳二迭纪，由于大规模的森林出现，增加了光合作用，大气成份就有了变化。大气对地质产生的作用及其结果必然与以前不一样。又如，根据化学沉积分异规律，铁是在化学沉积系列中较早分异出来的一种元素，因此铁矿沉积必然是在近海岸地区，而且成带状分布。但时间古老的太古界鞍山式铁矿，不仅形成于较深的海水中，而且分布十分广泛（在世界上相同时代的地层里都有类似铁矿）。这可能是因为当时的大气成分、生物条件、水介质状态都和以后不同，从而铁元素的移动和沉积规律也和以后不同的缘故。可见只有用历史发展的观点，运用历史和逻辑相统一的方法，才能修正错误找到正确的结论。

注：①马克思：《政治经济学批判导言》，《马克思恩格斯选集》，第2卷，人民出版社1972年版，第105页。
②恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第200页。
③黑格尔：《哲学史讲演录》第1卷，商务印书馆1981年版，第34页。
④恩格斯：《卡尔·马克思〈政治经济学批判〉》，《马克思恩格斯选集》第2卷，人民出版社1972年版，第122页。
⑤同④，第122页。
⑥同④，第122页。
⑦《列宁全集》，第38卷，第212页。
⑧同⑦，第90页。
⑨同①，第108页。
⑩同②，第203页。

第六章　实践在辩证逻辑中的地位和作用

在前几章里我们已说过辩证逻辑与形式逻辑的区别在于辩证逻辑不是像形式逻辑那样静止地来研究思维形式、思维规律和思维方法。辩证逻辑要求全面地、发展地考察人类思维的形式、规律和方法。在辩证逻辑看来各种思维形式都是运动发展的，是在一定的历史条件下由低级向高级发展与转化的，辩证逻辑的规律与方法也都是在这种观点下概括、总结和建立起来的。正是这种历史的、向上运动发展的特点，决定了实践性的原则是辩证逻辑的一个特点。因为思维形式的发展与转化，主观辩证法与客观辩证法的统一等辩证逻辑的要求都要通过实践来实现。

辩证逻辑不同于形式逻辑，它要起保证认识具有真理性的作用，也就是要保证认识在当时的条件下，近似地反映客观事物的真实性。因此，实践在辩证逻辑中是一个不可缺少的环节。实践问题在辩证逻辑中具有特殊的重要地位，例如在辩证逻辑的思维形式范畴中就包括着谬误，人类的认识往往是经过谬误而达到正确的，这个转化的关键就是实践。又如辩证逻辑思维方法的特点是由抽象上升到具体，而这个上升过程也是离不开实践的。所以在了解了辩证逻辑的思维形式、规律和方法后，还须要说明实践在辩证逻辑中的地位和作用。

第一节　人类对实践的认识

一、什么是实践

马克思主义的创始人曾把自己的哲学称之为“实践的唯物主

义”。“实践”这个范畴是辩证唯物主义的基本的和重要的范畴之一，因而也是辩证逻辑的一个重要原理。

那么究竟什么是实践呢？它由哪些要素构成，又具有什么特性呢？

所谓实践，广义的讲就是“主观见之于客观”的行动，既包括使客体得到改造的能动活动，又包括变革客体的观察性活动；既包括有利于人类的积极的变革活动，又包括不利于人类的消极的破坏活动；既包括改造客观世界的活动，又包括改造主观世界的活动。狭义的讲是单指人改造客观世界的能动活动，但又是一种真正现实的、感性的活动，从而也是一种客观活动过程。马克思主义经典作家运用实践一词通常是指狭义的实践，但有时也指广义的实践。例如毛泽东同志在《实践论》中讲的：“人的社会实践不限于生产活动一种情形，还有多种其他的形式，阶级斗争，政治生活，科学和艺术的活动，总之社会实际生活的一切领域都是社会的人所参加的。”①就是指广义的实践，所谓知和行的关系的“行”也是指广义的实践。由此可见，实践可以说是这样的人类活动，它包括物质生产活动，社会变革活动以及适应这两类活动的需要而发展起来的科学实践活动。实践概念的内涵是“主观见之于客观的活动”。由于“社会生活本质上是实践的”所以实践概念的外延是社会的人参加的一切社会实际生活领域。

实践的结构包括以下三种要素：（一）目的。目的是实践活动的起点，它影响实践活动的方式和方法，并表现于实践活动的整体过程中直至结束。自觉的目的性是人类实践活动的特点，没有它实践就不成其为实践。正如马克思所说的那样，“行动如果没有目的就是无目的无意义的行动。”②单独的电脑（机器人）的活动因而也不能看作实践，单独的电脑只能看作是人的实践手段。当然，实践的目的是从客观世界所产生，并以它为基础的，是一定社会历史条件下的产物，而不是主观任意的。此外，

在实践的过程中，指导实践的目的也可能变化和发展。（二）手段。手段是实践过程中主体按照目的作用于客体的中介物。它包括实现目的的工具、各种仪器设备和运用它们的活动方式。作为实践主体的人，在实践过程中当然首先是运用自身的物质力量和物质器官去改造客观事物。但是仅仅运用自身的物质力量和物质器官来进行活动，并不是人的实践活动的本质特点，因为动物也能利用自身的力量和器官作为手段和工具来进行活动。作为人的实践的特点是能制造和运用各种工具（如机器、电脑等）来延长人自身的物质器官和扩大人自身的体力和脑力的功能。人在实践过程中所运用的手段是人的肉体和工具的组合体。(三)结果。目的在对象中的实现，表明目的取得了“外部现实性”，这是实践按计划地改变对象的结果。结果是一个实践过程的最后环节，也是实践的一个要素。

从这三个要素来看，实践乃是主观因素与客观因素的统一。因为实践离不开人和人的主观能动作用，而实践的手段无论人的器官还是工具和仪器设备是客观的，实践的对象是客观的，实践的结果也是客观的。所以，实践是人类所特有的，是主观与客观的统一，是主观因素与客观因素之间的关系，一种动态关系。

上述实践的几个要素，如果孤立起来看都不构成实践的要素，只有当它们进入实践过程时才成为实践的要素和环节。所有这些要素又都是由一定的社会历史条件限制的，实践的前题和要素的构成都受社会历史条件的制约。作为实践的目的，一定是当时的物质条件可能实现的目的，否则就不可能成为实践的目的，而只能是预测、理想甚至是幻想。每一时代的物质手段状况决定着该时代的实践活动的水平(从而也决定着该时代的认识水平)。马克思说:“工业的历史和工业的已经产生的对象性的存在是一本打开了的关于人的本质力量的书，是感性地摆在我们面前的人的心理学。”③

直接的现实性是实践的最显著的特点。列宁在《黑格尔〈逻辑

学》一书摘要》中，对实践的特性有这样一段论述，“实践高于（理论的）认识，因为实践不仅有普遍性的优点，并且有直接的现实性的优点。”④

普遍性是实践的一个特性，但并不是实践特有的优点，实践只要符合客观规律就一定能取得成功。如同恩格斯说的：“我们知道：氯和氢在一定的压力和温度之下受到光的作用就会爆炸而化合成氯化氢；而且只要我们知道这一点，我们也就知道：只要具备上述条件，这件事情随时随地都可以发生，至于是否只发生过一次或者重复了一百万次，以及在多少天体上发生过，这都是无关紧要的。自然界中的普遍性的形式就是规律。”⑤直接的现实性才是实践的一个显著特点。在实践过程中，实践活动本身，实践的手段，实践的活动通过手段作用于客观对象所产生的结果，都具有可感知的直接现实性。而马克思主义的实践观也由于它具有直接现实性的优点和特点，因而同一切唯心主义者所鼓吹的“实践”（如观念的外化、意志膨胀、内心反省等）划清了界线。马克思主义的实践观又是主观与客观的统一，始终贯串着人的能动作用，因而与费尔巴哈的旧唯物主义划清了界线。

当然，马克思的实践观并非凭空产生，它是在继承和批判前人的研究成果上成长起来的，而且马克思主义实践观自身也有一个成长发展过程。

二、马克思主义实践观的形成与发展

实践作为人的某种活动的意思，是一个相当古老的概念，不论中国或是外国的早期思想家都探讨过它。如在中国哲学史上，《论语》把行与言对起来使用，这里的行就是实践，春秋战国时代的荀子、墨子等人都探讨过实践这个概念。在西方哲学史上，早在古希腊苏格拉底的老师普罗泰戈拉那里就讨论了实践这个概念。这是因为认识和实践的关系，知和行的关系，在中外哲学史

上，一直是作为物质与意识关系的一个紧密而重要的方面进行争论，并且出现了各式各种的实践观的缘故。中国哲学史上所说的实践（行）主要是道德实践；在西方，在马克思主义产生以前，人们也把实践了解为道德实践，即一个人立身处世，待人接物的行为，如康德把他的伦理学著作叫做《实践理性批判》。对马克思主义实践观及近代各种哲学流派的实践观有影响的是康德、黑格尔和费尔哈巴的实践观。

康德是近代对实践概念第一个进行具体分析的哲学家。他的实践观与他的人性观紧密相联。康德一方面从动物学角度看待人，和旧唯物主义有相通之处；另一方面他又把人的本质视为人的“自由理性”或“实践理性”，企图把人与实践、人的主体能动性联系起来。

康德认为人是“有理性的存在者”⑥，一方面是作为动物存在者，另方面又是有理性的。人的这种两重性，一方面把自己与没有理性的纯粹客观事物区别了开来，而免于被动和盲目；另一方面，由“理性”指导的“存在者”人的活动，却可以将“理性”转化为直接现实。因此康德称这种“人类理性”为“实践理性”，并把在“实践理性”指导下的人的行动称为“实践”。这种观点比法国的机械唯物论进步。

康德还提出实践有三个要素：目的、行动、（包括行动的结果）以及工具。康德认为目的是人性(与动物行为相比)的体现，由它所生的“自由意志”乃是人作为世界主宰的依据。行为是人以自己的“自由意志”改造客观世界的过程，是实践的主要内容。工具则是“目的外化”所得以实现的条件。

康德还按照目的不同将实践分为三大类型：（一）技术实践，这种实践中的目的被看作“可能实现的”，因为它得到了当代技术的工具保证。（二）实利实践，其目的在于为了现实的个人利益进行活动，如社交、贸易、政治交往等。(三)道德践实，

其目的在于人自身的完善，康德认为这种实践是人类实践的最主要的形式。

康德实践观点的功绩是论证了实践主体的能动性。

黑格尔继费希特之后将实践范畴引入认识论，他把实践视为“善”的道德活动。黑格尔在实践的能动作用、实践和认识的关系以及实践作为真理标准等方面，都提出过一系列有价值的见解。

黑格尔认为实践乃是主观性和客观性的矛盾统一体。他把主观目的性作为人类实践的特征，而这种目的性的本质是自由。人类实践归根结底是为了实现作为人的本质的自由。而目的性（即自由的实现）也不是随心所欲的。在黑格尔的唯心主义体系里，实践的直接现实性是主观目的的外化。不过黑格尔关于人的主观目的外化过程中实践手段（工具等）的地位和作用的论述是精辟的，他认为“目的通过手段与客观性相结合，并且在客观性中与自身相结合，手段是推论的中项。”⑦这就是说，没有目的，也就没有手段的创造使用，另一方面，手段是客观的东西。这样，手段一身兼有主客观两重性，成为实践的重要因素，黑格尔甚至称之为“目的的总体”。⑧黑格尔关于实践的“中介”的论述，包含着实践手段的发展的重要思想，列宁把它喻为历史唯物主义的“萌芽状态”⑨。黑格尔并且进一步指出了实践的三个环节：目的、手段、被创造出来的现实（即实践结果）。

黑格尔关于实践与认识关系的思想，在唯心主义外壳下包藏着不少合理的因素，特别是接近于表达出实践检验认识的真理性标准的思想。黑格尔的唯心主义的实践观是把实践过程看作主观目的向客观转化的过程，但是他把实践和理论认识区别和对立起来，在他看来“在实践的观念中（在实践的领域中），这个概念是作为现实的东西(作用着的东西)来和现实的东西相对立的”⑩，因而它能改造客观，产生结果。反之，理论认识只能局限于主

观，并无客观现实性。黑格尔提出了实践“比以前考察过的认识的理念更高，因为它不仅具有普遍的资格，而且具有绝对现实的资格”⑪。总之，实践的主观能动性方面，被他联系认识论问题进行了较系统的分析，并在此基础上，从唯心主义的角度，提出了认识与实践相统一的观点，并且认为绝对理念，本来就是理论理念和实践理念的同一，两者每一个就其自身说，都还是片面的。

德国古典哲学到费尔巴哈就达到了终结阶段。

费尔巴哈的实践观是他的人本学的一部分。费尔巴哈把人看作自然的、物质的、肉体的实践，是一种社会存在，他的人本学中的人只是生物学意义上的人，既没有社会性，更没有阶级性。马克思、恩格斯多次指出费尔巴哈的人本学过多地依据自然而过少地依据政治，“下半截是唯物主义者，上半截是唯心主义者”⑫。

费尔巴哈从人本学出发，把客观世界看作人的感觉对象或直观对象，而不是实践对象和改造的对象，因而他的实践观舍弃了能动性。费尔巴哈人本学中的人，只是单个的人，是生物学上的人类个体，因此人的实践只被了解为吃喝玩乐与日常交往，实践的社会性被忽视了。在费尔巴哈那里“实践”被看成是利己主义的同义词。⑬这些都是费尔巴哈的实践观不如黑格尔的地方。但是费尔巴哈毕竟是个唯物主义者，他的实践观又有高出于黑格尔的地方。例如他在坚持唯物主义的真理观时，认为“比渊博的征引更加有用到无量数倍的，却是实践，却是生活。我们每走一步，每看一眼，实践和生活都能对我们证实这一句话的真理性。”⑭他还说“理论所不能解决的那些疑难，实践会给你解决”⑮。列宁赞赏这些观点，并认为“费尔巴哈把人类实践的总和当作认识论的基础”。⑯

马克思主义的实践观就是继承了前人，特别是德国古典哲学的实践观中的正确合理部分，并对它进行了唯物辩证法的改造而形成的。

费尔巴哈的“实践”从个体或个别感觉出发，它有现实性但无普遍性。康德、黑格尔则相反，有普遍性而无现实性。马克思的实践观则克服了这两种理论的弊端。

马克思主义认为：实践是人们改造客观世界的物质活动，是认识的基础和检验认识真理性的标准。这是马克思于1845年春在其《关于费尔巴哈的提纲》(这是一本体现了马克思较成熟的实践观的著作)中首先提出，而为恩格斯在其名著《路德维希·费尔巴哈与德国古典哲学的终结》和1892年写的《〈社会主义从空想到科学的发展〉英文版导言》中特别强调的思想。马克思针对费尔巴哈的不足之处强调了人的社会本质。在《关于费尔巴哈的提纲》中，马克思指出了实践不是物质或精神的实体，它只是两者所形成的矛盾的一种属性、关系；强调了“社会生活本质上是实践的”；强调了在“人是环境的产物”的前提下，“环境正是由人来改变的”，“问题在于改变世界”；指明了认识的真理性应以实践为标准。以后马克思在《资本论》中，又进一步论述了实践的要素和某些过程。

马克思在《〈黑格尔法哲学批判〉导言》中，一方面强调了理论的作用，指出了理论一旦掌握了群众就会变成物质力量；但另一方面也指出理论必须结合实践才能发挥作用，提出了“批判的武器当然不能代替武器的批判”的卓越论断和“物质力量只能用物质力量来摧毁”⑰的天才思想。

马克思关于实践是认识的基础和检验认识的真理性的标准的思想，在恩格斯的著作中有进一步的说明，恩格斯根据当时自然科学中的新发现(即茜素可以从更便宜得多的煤焦油中提炼的事实)，针对当时新康德主义者鼓吹休谟和康德的不可知论的谬误，指出：“对这些以及其他一切哲学上的怪论的最令人信服的驳斥是实践，即实验和工业。既然我们自己能够制造出某一自然过程，使它按照它的条件产生出来，并使它为我们的目的服务，

从而证明我们对这一过程的理解是正确的，那么康德的不可捉摸的'自在之物'就完结了。"⑱

列宁在帝国主义时代，总结了当时的斗争经验，进一步发展了马克思、恩格斯的实践观。列宁在批判物理学家马赫把理论和实践分割开来，认为理论（科学）和实践是两回事的错误观点时写道："生活、实践的观点，应该是认识论的首先的和基本的观点。"⑲后来，列宁在《哲学笔记》中又进一步明确指出，实践具有"直接的现实性的优点"，"行动的结果是对立观认识的检验和真实存在着的客观性的标准。"⑳

列宁在其《哲学笔记》中还对马克思的实践观进一步作了发挥和发展。首先，他对"实践"概念的含义，作了更加明确的规定，指出"实践"就是人的行动，包括主观和客观、主体和客体两个方面的要素，是"概念和实在之间的对立的扬弃"，是主客观或主客体的"交错点"。㉑其次，在马克思关于人类认识规律论述的基础上，进一步详细地阐述了人类认识的规律，指出"从生动的直观到抽象的思维，并从抽象的思维到实践，这就是认识真理认识客观实在的辩证的途径"，亦即"必须把认识和实践结合起来"。㉒列宁还反复强调了人的认识，包括逻辑的"格"都是在反复的实践中产生的。㉓再次，在马克思主义认识论发展史上，首次明确地指出，真理性认识的标准是指"行动的结果是对于主观认识的检验"的标准。㉔最后，列宁对黑格尔的唯心主义实践观进行了比较详细的剖析，从而丰富和补充了马克思在《关于费尔巴哈的提纲》中关于实践的论述。马克思当时是着重批判旧唯物主义的实践观，列宁则是根据当时"实践哲学"中许多流派的明显的唯心主义，而着重清理了黑格尔的实践观，区别了实践的主观性和"主观实践"的界限。当时对黑格尔实践观中的合理成份，列宁也是充分肯定的。

以毛泽东同志的著作为主要代表的毛泽东思想是马克思列宁

主义与中国革命实践相结合的产物。毛泽东思想中关于实践的论述是毛泽东同志和我党老一辈的无产阶级革命家，在领导中国革命和建设的伟大斗争中，坚持和发展了马克思主义实践观的结果。毛泽东同志的《实践论》等著作深刻地阐明了实践的内容和特点，指出了“阶级斗争、生产斗争和科学实验是建设社会主义国家的三项伟大革命运动。”㉕毛泽东同志还阐明了实践是人类有意识有目的的改造世界的积极的、能动的物质活动，而不是对自然的消极的直观与适应。他说：“思想等等是主观的东西，做或行动是主观见之于客观的东西，都是人类特殊的能动性。”㉖毛泽东同志在其关于实践的论述中还特别强调了实践是检验真理的唯一标准，他在《实践论》中写道：“判定认识或理论之是否真理，不是依靠主观上觉得如何而定，而是依客观上社会实践的结果如何而定。真理的标准只能是社会的实践，”㉗为恢复十年动乱中造成的思想混乱，党中央重申实践是检验真理的标准这一马克思列宁主义毛泽东思想的基本观点，并以此为准绳，拨乱反正，冲破教条主义和个人崇拜的束缚，全面地系统地理解毛泽东思想，恢复毛泽东思想的本来面目，坚持并进一步发展了马克思主义的实践观。

三、科学实践

科学实践主要是指科学实验和科学研究。古代的科学实践只是依靠人体感官的直接观察和哲学猜测，既不进行科学实验，也无所谓科学研究。自然科学只有在对自然的研究开始广泛地运用实验手段的时候，才成为一门真正的科学。而实验方法是在有了一定的科学知识，特别是生产技术发展到一定水平时才产生的；而它一旦产生以后又反过来促进生产技术和科学知识的发展。近代自然科学就是在生产技术水平、科学认识水平和实验方法、手段

的互为前提，互相促进中发展、成长起来的。

在认识自然、改造自然中，实验比普遍的观察具有更多的优越性。第一，它使我们能够在各种不同的条件下研究现象，既可以在不同自然条件下进行研究，也可以在实验室内利用人工制造的特殊条件下进行研究。第二，在实验时，既可以在同样的环境下，也可以在不同的环境下，对同一现象进行多次（根据需要确定次数）复重性的研究。第三，籍助于实验方法便可以非常准确而精确地研究对象，把它分解为各个单个部分，并分离出我们研究工作中需要的方面来。可见，从实验观察中得出的结论比起一般的观察，甚至借助于有关仪器进行的观察中得出的结论，要更加准确和精确。马克思说："物理学家是在自然过程表现得最确实、最少受干扰的地方考察自然过程的。或者，如有可能，是在保证过程以其纯粹形态进行的条件下从事实验的。"㉘

实验的证明力量是从实践活动的本性中派生出来的，恩格斯曾经指出："必然性的证明是在人类活动中，在实验中，在劳动中……"㉙，在实验中观念和抽象便获得了证明。科学史提供了许许多多理论原理借助于实践而得到证明的例证。现代自然科学正是在把实验与抽象的逻辑推论相结合的基础上，才在认识自然界的发展规律方面取得了巨大成就的。

我们还要看到就科学实验、科学研究的社会实践功能来说，不能把科学技术看作仅仅具有知识形态，而忽视或否认其物质形态。在科学实践中，精神产品是物质产品的反映，物质产品是精神产品的物化物，科学实践是知识形态与物质形态的统一。在科学发展史上，由于早期的科学实践发展得不充分，因而只注意了科学实践的知识形态而忽视了它的物质形态。但是时至今日，科学实践已发展到成熟阶段。自然科学和科学实践的发展，无论是它自身的客观实际，还是正确反映它的科学理论，都表明科学实践是一项基本的社会实践，是知识形态与物质形态的统一体。

科学实践发展到成熟阶段后，它与生产之间的关系发生了根本的变化，它使生产在更大程度上依赖于它。现代的自然科学，在知识形态与物质形态统一的基础上，从基本理论到生产上的应用，都已形成了系统的功能结构。现代的工业生产在进行大批量投产以前，都处于科学实践的研究过程中，生产不过是科学实践成果的推广和科学实践的继续，当然在这过程中，生产对科学实践也有反馈作用。近代科学技术在生产力发展中的作用愈来愈突出。在本世纪初，劳动生产率的增长中只有15－20％是依靠科学技术的进步；而近年来，劳动生产率的增长约有60－80％是依靠科学技术的进步，有些新兴工业部门甚至达到100％。近代科学技术的发展使科学技术从发明到在实际生产中应用的周期愈来愈短，技术更新周期已由本世纪初的30年左右缩短到15年以下，其中有些部门只有5－10年，个别技术（激光）从发明到实际应用只有两个月。一些科学技术比较先进的国家都已将生产和科学技术紧密结合起来，从而形成一种独特的体制。这些体制把假设变成发现，把发现变成发明，把发明变成革新，把科学研究工作变成事业。

一种自然科学假设的发展过程，从孕育到确立到最后检验（被证实或否定）都是沿着科学实践的轨道前进的。例如近二十年来，生理科学中下丘脑释放激素的研究过程就是这样进行的。本世纪50年代中期，有人发现动物的下丘脑组织经磨碎后加入垂体的培养液中，能促进某些腺垂体激素的分泌。还发现直接刺激垂体前叶，促肾上腺无分泌，但如用电刺激下丘脑，则能产生促肾上腺素的分泌。通过这些科学实践，加上已有的事实材料和科学知识，就孕育出一个科学假设：下丘脑对垂体的激素释放具有调节功能。英国化学家哈里斯经过研究，进一步假设，这种调节是体液性的，即是一种化学调节。后来美国生理学家吉尔敏做了几个实验，并发现用单纯的垂体做体外组织培养不产生激素分泌，但在切下的组织系统中保留一点下丘脑的碎片，则出现了激素分

泌，在实验中如把切下的组织系统中的门静脉系统切断，激素分泌又停止了。这样就在这些科学实践的基础上正式提出和确立了下丘脑对垂体进行化学液调节的假说。为了证明这种假说的可靠性，必须能从下丘脑中直接提取出一种物质，使用这种物质可以导致垂体激素的释放变化。经过21年的艰苦努力，吉尔敏和史克莱两人终于在1969年用动物的下丘脑作材料提取出了这类物质，从而最终证实了此假说的真实性。

科学实践具有一定的独立性，在科学产生之后，有的科学实验并不来自生产，甚至也不是为了直接服务于生产，而仅仅是为了认识世界，有的科学研究成果长期不能用于生产。在现代科学高度发展的情况下，科学实验不但具有一定的独立性，而且它往往还是促进生产高速发展的先锋，一项新的科学研究成果往往创造出一种崭新的生产力。科学实践是推动社会发展的一股强大动力，因而也是人类认识发展、思维科学、逻辑学发展的一股强大动力。

但是这些情况仍然改变不了科学实践对生产的从属地位。因为，作为改造客观世界的实践活动的主体部分仍然是生产而不是科学实践，而且从事科学实践所需的各种仪器设备仍然是生产所提供的。当然，这种从属地位只是从最终的意义来说的。如同前述，在生产中，特别是现代生产中，科学实践的重要地位和先锋作用是越来越突出了。

注：

①毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第1卷，人民出版社1952年版，第271－272页。

②马克思：《黑格尔法哲学批判》，《马克思恩格斯全集》第1卷，第287页。

③马克思：《1848年经济学手稿》，《马克思恩格斯全集》第42卷，第127页。

④《列宁全集》第38卷，第230页。

⑤恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第 212 页。
⑥康德：《实践理性批判》，商务印书馆1960年版，第18页。
⑦黑格尔：《逻辑学》下卷，商务印书馆1977年版，第433页。
⑧同⑦，第 435 页。
⑨同④，第 202 页。
⑩同④，第 229 页。
⑪同⑦，第 523 页。
⑫恩格斯：《路德维希·费尔巴哈与德国古典哲学的终结》，人民出版社1972年版，第32页。
⑬费尔巴哈：《基督教的本质》，《费尔巴哈哲学著作选集》下卷，三联书店1962年版，第 146 页。
⑭同⑬，第 194 页。
⑮费尔巴哈：《说明我的哲学思想发展过程的片断》，《费尔巴哈哲学著作选集》上卷，三联书店1962年版，第248页。
⑯列宁：《唯物主义和经验批判主义》，《列宁选集》第 2 卷，人民出版社1960年版，第 142 页。
⑰马克思：《〈黑格尔法哲学批判〉导言》，《马克思恩格斯选集》第 1 卷，人民出版社1972年版，第 9 页。
⑱同⑫，第 16 页。
⑲同⑯，第 142 页。
⑳同④，第 227 页，235 页。
㉑同④，第 246—247 页，310 页。
㉒同④，第 181 页，273 页。
㉓同④，第 203 页，233 页。
㉔同④，第 235 页。
㉕见《人民日报》1964年 7 月14日。
㉖毛泽东：《论持久战》，《毛泽东选集》第 2 卷，人民出版社1952年版，第 467 页。
㉗同①，第 273 页。
㉘马克思：《〈资本论〉第 1 卷第 1 版序言》，《马克思恩格斯全集》第23卷，第 8 页。
㉙同⑤，第 207 页。

第二节　实践的范围和作用是随着人类认识和科学的发展而发展的

实践与逻辑有着密切的关系，因为逻辑范畴起源于实践。黑格尔在其《哲学史讲演录》中称笛卡儿是近代哲学的真正创始人，并且说他提出的“天赋观念”，大体上说来，指的是逻辑范畴（如实体、绵延、秩序等）和一些逻辑规律（如“无中不能生有”，“一物不能同时存在又不存在”等）。①笛卡儿认为逻辑范畴是天赋的。关于逻辑范畴究竟起源于什么，经验主义者认为与其他知识一样来源于感觉，唯理主义者则认为不能从感知得来逻辑范畴，是理性所固有的，是先天具备的。

康德承认逻辑范畴有普遍性和必然性，但却认为逻辑范畴仅存在于思维中，而不存在于物自体中，也就是认为逻辑范畴没有客观真理性。黑格尔认为：“思想的真正客观性应该是：思想不仅是我们的思想，同时又是事物的自身，或对象性东西的本质。”②“所谓客观在日常生活习用的语言中，大都是指存在于我们之外的事物，并从而通过我们的知觉而达到的事物。康德否认思维范畴，如因与果，具有刚才所说的客观性的意义，换言之，他否认思维范畴是给予知觉的材料。”③在黑格尔看来逻辑范畴不是通过知觉得来，而是对象的本质自身所具有的。黑格尔关于逻辑范畴不是通过知觉得来的观点与康德类似，不过康德认为逻辑范畴是从主观理性“自我”中经验地引出，而黑格尔则认为逻辑范畴是由绝对观念依必然性推演而出。黑格尔关于逻辑范畴是对象的本质自身所具有的观点则与康德完全不一样。不过康德关于知识分为纯粹知识（逻辑知识）与经验知识两类，经验知识由感知和逻

辑范畴两部分组成，逻辑范畴是先于经验知识的学说是有价值的。皮亚杰通过实验证明了数理逻辑概念以婴儿的动作格式为基础，逻辑知识先于物理知识而发生。

在辩证唯物主义、辩证逻辑看来，逻辑范畴的起源不是感知，也不是理性自身，而是人的社会实践。人们通过感觉器官从客观世界获得感知，通过实践从客观世界得到逻辑范畴。这是经过不同的途径来反映同一个客观世界的两种认识过程。

正因为社会实践是逻辑范畴的起源，辩证逻辑的原理，无论是关于思维形式、思维规律还是思维方法的原理，都要把实践这个范畴考虑进去，要把实践与认识、思维、逻辑的关系考虑进去。而这里所说的实践是社会实践，是历史的社会实践，离开了社会实践就不是辩证逻辑。

逻辑学是人类认识活动过程中思维活动规律的总结。认识是人的认识，因此认识、逻辑思维活动的主体只能是人，是有意识、有目的地进行认识活动的人。不从事认识活动的人，不在实际上把自己同对象对立和联系起来的人也不是认识的主体，所以人的认识、逻辑思维活动，总的来说是不能离开实践，一点也不能离开实践的。而实践是社会的、历史的、群众性的活动，因而作为认识主体的，不是孤立的、脱离社会的个人，也不是那种离开了活生生的肉体的抽象的历史经验或绝对精神，而是在一定时代、一定环境中活动着的，在某种程度上掌握实践工具、语言、逻辑形式的人。在科学研究活动中，主体就是在一定历史条件下，按一定方式组织起来的科学团体。

科学研究活动是一种社会现象，是人类认识世界的一种形式，作为认识主体的从来不是孤立的脱离社会的个人，随着科学和科学研究工作的发展，作为科学认识的主体，在其成员间的相互关系，也相应地在变化和发展。即由少数人的独立研究到小范围的协作研究，最后发展为大规模的科学机构的研究。在现代科学研

究机构中，科学家个人的地位发生了变化，他们的知识、才能只有通过科学团体、科学研究机构的共同活动才能发挥出来。

主体的认识能力和逻辑思维格式是在社会中逐渐形成的，人们从事认识活动，是在一定的社会文化环境中实现的。因此，文化环境成了现实认识活动的出发点，每一代人都在所处时代可能有的水平上去进行认识。文化环境还规定着认识活动所追求的目标，人们在观察的时候，与其说受手段的制约，还不如说受知识文化背景的制约，文化环境规定了人们的思维方式。近代思想、认识发展史上，由形而上学机械论复归到辩证思维，由因果决定论到统计、概率描述，由把整体与部分对立起来的思维到系统思维，都是由一定的文化背景规定的。

有目的的实践活动是发展、补充、纠正原有认识的过程。实践具有历史性，实践是不断发展的，这是人类社会发展的本质和基础。无论作为实践活动主体的人，还是作为实践手段的工具，都是不断发展的，就是实践的具体对象，也是随着人们认识能力的提高和工具的改进而不断扩大和深入的。如微观世界早就存在，但并非从来就是人们实践的对象。只有社会实践发展到一定阶段，人们掌握了变革微观世界的手段，它才成为人们的实践对象。在实践发展过程中，更高阶段的实践条件，总是由较低阶段的实践活动创造的。

现代人与古代人对客观事物的认识有很大的差距。这种差距并不是由于人类的感觉器官（眼、耳、鼻、舌、身）在这段时间里的完善程度和敏锐程度的不同而引起的，造成这种差距的真正根源在于人类改造客观外部世界的实践活动的深度和广度的区别。人类的思维运动是沿着实践的足迹前进的。实践过程是思维运动的现实决定者，思想的过程只能保持与实践进程的一致性。实践的起点决定着思想进程的起点，实践的阶段决定着思想进程的阶段，而思想进程的结果不外是实践结果在人们头脑中再现。

从分析与综合相统一的方法来看，人类的一切认识过程、思维过程都是一个从分析到综合，又从综合到分析的循环往复的过程。人类的认识任务就是在不间断地分析与综合的交互作用中实现的。分析与综合都是具体的，然而一经把分析与综合具体化，就可看到这一逻辑方法的时代性，看到它们在不同的时代具有非常不同的内容。分析与综合所得结果的正确程度，取决于它们对客观事物的关系、联系反映的程度；而对客观事物的关系、联系反映的程度，又取决于对客观事物的关系、联系的“可控制变量”和“可观察变量”的深浅、广窄。但是这种“可控制变量”和“可观察变量”获得的程度又有赖于人类对认识客体的实际“逼进”的程度，即实践发展的水平。当人们还没有掌握分析空气的成分以及植物通过光合作用吸收空气中的二氧化碳的实验手段之前，人们对植物生长的条件能够进行分析和综合的只能是水和土壤。当人们尚未发现导体中有电流通过之前，只能把磁场产生的原因归结为温差。在没有制造出射电望远镜之前，人们就不可能对河外星系的结构做出科学的分析与综合。没有宇航飞行器的出现，人们也不可能对火星上是否存在生命现象作出科学的分析与综合。当化学实验还处在炼金术时代时，也不可能对天然牛胰岛素的氨基酸结构做出分析与综合。

可见实践的范围和作用是随着人类认识和科学的发展而发展的，人类的思维活动从而也是这样逐步发展的，逻辑范畴体系也是在这个过程中形成和发展的。随着实践的继续发展，思维形式、规律和方法也要不断充实和发展，辩证逻辑的体系不是封闭的。

注：

①黑格尔：《哲学史讲演录》第4卷，商务印书馆1981年版，第85页。

②黑格尔：《小逻辑》，商务印书馆1980年版，第120页。

③同②，第119页。

第三节 实践的历史的检验与逻辑证明

一、检验认识的真理性的标准

辩证逻辑与形式逻辑不同，它要保证认识的真理性。辩证逻辑关于思维形式、规律、方法的探讨与研究是为了提高人们的思维能力，提高我们的认识具有的真理性程度。但是认识是否具有真理性又如何确定呢？它又以什么为标准呢？“标准”(Criterion）一词源出希腊，本意为判决、检验的方法、手段或途径。康德在《纯粹理性批判》一书中就提出了检验认识的真理性的标准问题。他说：“真理的字面上的定义，即真理是认识与对象的一致，是被假定得到公认的；问题是任何和每一认识的真理性一致之普遍和确定的标准是什么。”我们知道，检验认识的真理性问题，也就是如何判定人们在认识过程中所获得的知识(包括命题、理论体系）是否和客观实际相一致的问题。客观实际本身不可能是这种标准。从主观到主观的领域（如清晰性、共认性、原则、逻辑等）也不可能是这种标准。标准只能是从主观到客观，从客观到主观的联系领域。关于这一点，哲学史上的经验主义者（指唯物主义的经验主义者）认为只有感性经验才是可靠的，因此把人的感性活动看作是检验认识的真理性的唯一标准。哲学史上的唯理主义者（指唯物主义的唯理主义者）认为只有理性活动才是可靠的，把人的理性活动看作检验真理的唯一标准。这两种标准都是错误的，但不等于说感性经验与理性活动在检验认识是否正确上完全不起作用。

感觉在检验感性知识的正确还是错误中起着主要的作用。恩格斯说：“对于布丁的检验在于吃。当我们按照我们所感知的事

物的特性利用这些事物的时候，我们就让我们的感性知觉的正确性受到确实可靠的检验。”①布丁能不能吃，当然只能由吃这个实践活动来检验。但如果说这块布丁是圆柱形时，这一感性认识是否正确的检验办法就只有观察。所以感性认识得以成立的直接根据就是观察、我们的感觉。这种观察可以在实践中进行，也可以只是单纯的观察。布丁作为一种食品的检验方法是吃，但它的滋味究竟如何还要靠味觉来感知。搜集感性材料必须依靠观察，感性材料是否符合事实只能依靠正常人的感觉以及可靠的观察和测量的仪器。感觉乃是观察的基础，也是实践的基础。

当然，感觉、观察有很大的局限性，即使人们正常的感觉器官也只能听到一定频率的声波，看到一定波长的光波。而且世界上有许多东西由于已成历史陈迹，或由于过于遥远和甚为微小，现在的观测手段尚无法观察到、感觉到。即使我们的感官能够视察到、感觉到，也由于人的感觉有许多主观成份和误差，而不能真实地反映世界和认识世界。例如电影银幕上的映象是每秒钟换24张，但在我们的视觉中却是一个连续的动作过程。此外，一些理性的抽象，也是感觉、观察所完全无能为力的。所以，感觉不可能是检验认识真理性的最后标准。

理性、逻辑思维和感觉一样能在一定的条件下起到检验认识的真理性的标准的作用。对一些对象比较单纯，前提可靠的事物，我们的认识过程中，理性、逻辑思维能够起检验标准的作用。例如数学的许多命题都是推演出来的。在日常生活中对有些事物的认识也只有用逻辑推理才能证明。如“沧海桑田”的变迁，今人无法见到，古人亦未有文字记载流传下来，就只能根据地质学、生物学等科学原理，通过推理来加以论证。

当然，理性、逻辑思维的检验作用也是有限的，而且不是最终的。例如作为数学的出发点的一些公理之所以可以不证自明，是因为它是人类亿万次实践所得出的结论。而且实践还可以改变

某些理论的适用范围，如非欧几何被实践证明以后，就限制了欧几里得几何的适用范围。

在什么是检验认识的真理性的标准问题上，我们既要看到逻辑证明的作用，又要看到实践是检验认识的真理性的最后标准。

我们还要看到检验认识的标准是人的主观活动，而客观世界是外部的、现成的东西；检验主观认识是否同客观世界一致的标准，是主观认识与客观世界之间的联系与方法。因此，检验认识的真理性的标准本身是一个过程，是历史的实践。

总之，认识的真理性必须得到实践的证明，同时也应得到逻辑的论证。

二、逻辑证明的作用

逻辑证明就是用已经经过实践证实的真理性明显的判断去证明另外一些真理性不明显的判断。也可以说是用某种已有的定义、公理、原理进行推理，论证另一个判断正确与否。

逻辑证明作为一种理论思维方法，在检验认识的真理性时起着重要的作用，它是我们进行正确思维不可缺少的环节，它不仅是实践检验不能或缺的辅助手段，而且有时具有实践检验不能代替的作用。逻辑证明的作用主要表现在以下几个方面：

第一，有些命题、理论，只能由逻辑证明来检验它的正确性。关于过去历史上的许多问题的理论，有些由于“历史一去不复返”，而且没有留下痕迹，已经很难、甚至不可能去认识，对于这类问题只能依靠逻辑思维作一些猜测，而不可能进行任何的实践检验。又如人类的起源问题，在实验室中不可能重演类人猿转化为人的过程，只能根据比较解剖学、胚胎学、古生物学以及地下发掘的实物等提供的实际材料，再加上逻辑推理来加以证明。

又如对一些无限性的命题，如时间空间的无限性、物质结构

的无限可分性等，不可能由实践来直接证明，只能在实践的基础上通过逻辑间接地证明。时间的无限性是从已为实践所证明的物质不能创造不能消灭的原理通过逻辑推断而来。空间的无限性是从已为实践所证明的"空间是物质的存在形式"的原理，通过反证法，否定空间有限的命题，进而对二个有矛盾关系的命题用排中律而推断出来的。

第二、逻辑证明能表明人们对事物理解的深度。如在绘制地图时，无数事实证明一幅地图只需要四种颜色就够了，当然少一种也不行。但是为什么恰巧是需要四种颜色呢，这单靠绘图的实践事实是无法说明的。1840年数学家莫别乌斯把它归结为拓朴学上的一个数学问题"四色定理"。而这个定理的逻辑证明难度很大，经过数学家们的一百多年的努力，直到1978年才由两位美国数学家依靠电子计算机做了二百亿个逻辑判断，才完成了这个定理的证明。其实，不仅是"四色定理"，任何一个科学命题的正确的、深刻的阐发都离不开逻辑证明。恩格斯说："……没有理论思维，就会连两件自然的事实也联系不起来，或者连二者之间所存在的联系都无法了解。"②要深刻地阐述清楚一个理论，是根本不能没有逻辑证明的，即使是实践证明了的真理，也要经过逻辑上的论证才能形成严谨的体系。

第三，逻辑证明是实践的前奏和先导，是科学预见的手段。一种新学说或新理论，只有通过逻辑证明它是无矛盾的、合理有效的，才有可能在实践中证明它的正确性，如果某一假说连逻辑证明这一关也通不过，那么该假设在实践中就不可能实现。

我们建设一项工程，总要先设计后施工。每次工程设计之是否正确，并不是都要在施工结束后，才能检验它的正确性。事实上，对每项工程进行施工之前，先要确定方案的选择、设计是否合理，而这种确定只能根据该工程有关的原理，运用逻辑证明的方法来作出判断。

科学研究中的假设、预测也都是在已有的理论和事实材料的基础上，运用逻辑推理来作出的。科学史上哥白尼的日心说，麦克斯韦的电磁理论，哈维的血液循环理论等，开始时都是在有关事实材料和已被实践证实的原理的基础上通过一系列推理或数学验算提出来的，它们都是在相当年代以后才在实践中被证实的。

第四，逻辑证明是对思想事物作出某种判断的命题加以检验的工具。凡有关思想事物的命题，实践无法加以检验，例如某哲学家的思想体系究竟是唯物论还是唯心论，是何种形式的唯物论（或唯心论）等，就只能根据这个哲学家的思想体系本身的思想实际来加以逻辑分析，再加上文献学、语义学的检验，而不能用直接的实践等其他方式来检验，又如数学是一种高度抽象的思想关系，这种关系，不可见，不可嗅，不可摸，它只能由思维去抽象，并且凭借思维去把握。所以数学中的许多命题也只能用逻辑证明的方法，例如数论中的哥德巴赫猜想，这个猜想迄今为止，没有实际的应用，不可能有这种实践的检验。数学计算进行得再多，也不能证明无限大的偶数可表达为两个素数之和的必然性。数学定理必须经过逻辑证明才能确立，只要前提与客观存在的数量关系和普遍联系是一致的，从中推导出来的定理也无疑能与客观世界相一致。即使作为出发点的公理并非不证自明，由逻辑推理得到的结论而构成的理论体系也是封闭的自洽的，定理在该体系范围内也正确无误。

第五，逻辑证明是实践检验过程中不可缺少的辅助手段。如果我们要用实践来检验一个命题的真假，就不能不碰到这样一类的问题：用什么实践来检验？通过什么途径来检验？是直接去检验这个命题还是通过检验别的命题来检验它？要解决这类问题，除了运用已有的经验知识以外，必须依靠逻辑思维。例如迈克尔逊为测量地球对“以太”的相对运动的实验设计，吴健雄为验证弱相互作用过程中宇称是否守恒的实验设计等都是巧妙地运用了

逻辑手段的范例。即使检验的是最简单的经验命题，也必须如此。此外，在实践检验的过程中，也往往伴随着逻辑证明，即对实践所达的结果要做逻辑分析。

由此可见，逻辑证明在科学思维中有着极其重要的作用。在近代自然科学迅猛发展，发生所谓“知识激增”的情况下，逻辑证明的作用更为明显。因为随着科学认识越来越深入到事物的内部本质，抽象程度就越来越高，人们的认识可以通过一连串逻辑证明的方式来进行，只有其中某些环节才需要用实践检验。

例如在传热学中我国自50年代起受苏联米海耶夫学派学术思想的影响，片面强调实验研究，轻视理论解的作用，而对于西方国家的某些传热学家所研究的理论解却重视不够。米海耶夫是苏联科学院院士，苏联传热学界的权威，他偏重于依靠实验，用实验理论来解决对流传热问题。但是随着近代电子计算机技术的发展，许多传统学科的体系和研究方法有了很大改变，过去认为十分复杂、繁琐的数值法求解微分方程有了很大的进展。因此各国传热学家都已着力研究和应用数值解法，用来解决科研中的问题。目前，数值传热学已发展成为传热学的一个重要分支。一些原来要依靠实验才能解决的传热学问题，就可以完全不做或只做少量实验（在一些关节点上用实验来加以验证），而直接通过计算得到解决，从而大大节约了费用，缩短了研究工作的时间。

总之，在检验认识的真理性方面，逻辑证明起着重要作用，是科学认识中一个不可缺少的环节。

三、历史的实践是检验认识的真理性的标准

如前所述逻辑证明在科学认识中有着重要的作用，但是即使十分严密的逻辑证明也不能代替实践检验。经过逻辑证明得出的结论，要判明其是否与客观实际相符合，最终还要靠实践，所以

从最终意义上来讲，检验认识的真理性的标准是实践，是历史的实践。因为逻辑证明之所以有判断认识正确与否的作用，是因为它来源于实践。逻辑证明的前提、论据是已经被实践证明了的真理性认识，而且证明的方法也是从实践中产生，并被人类社会实践检验过的。

作为逻辑证明前提的论据（一个命题或若干个命题）必须真实，而这种真实性不可能由逻辑证明来确定，而是必须通过实践来加以检验。无论是经验命题，公理或定理都是如此。

关于经验事实的命题，例如个别事实的经验性命题（单称判断）玫瑰花是红的，只能通过观察来直接判定。数学中的公理和形式逻辑的基本规则的真实性靠逻辑证明是解决不了的。曾经有人想用逻辑方法证明欧几里得几何第五公设和充足理由律，结果只能是徒劳。因为任何演绎系统的基本要求是不能自相矛盾，这样，如果不陷入循环论证的错误就必然使一个系统中至少有一个命题得不到证明也得不到否证。而在系统和系统之间也是这样。公理的证明在逻辑范围内是无能为力的，公理只能依赖实践的证明。只是经过人类千百万次的重复实践，才使客观事物中的一些简单关系在数学公理和逻辑基本规则中反映出来，并成为不证自明的东西。如果数学公理描述的不是现实世界的空间形式和数量关系的基本性质，那么由公理推导出的结论仅仅在该体系内是正确的，它既没有独立性，更不能用于实际，是一种毫无价值的“理论”。即使是由具有客观真理性的公理推导出的理论，也只有受到实践检验并应用于实际时，才能获得新的生命和继续得到充实和发展。例如黎曼几何问世后，只是在广义相对论中得到验证和应用之后，才获得了真正的活力。

定理在演绎科学中是以公理为原始论据而推出来的，它当然不可能用逻辑证明来检验真实性。在经验科学中，定理是从经验事实中概括出来的普遍命题（全称判断），这些经验事实是通过

观察、实验、调查等实践而得来，它是否真实也只能由实践来确定。当然，在现代的经验科学中，有许多科学部门已经不是像早期实验科学那样采用纯经验的方法，而是像爱因斯坦说的那样，“是研究人员受到经验数据的启发而建立起一个思想体系；这个思想体系在逻辑上是用少数的基本假定，即所谓公理，建立起来的。”③但是这样建立起来的普遍性命题，都必须经过逻辑的演绎，得出易于和事实直接对照的具体命题，然后根据实践经验加以检验，例如爱因斯坦就是根据广义相对论在当时的情况下推出水星近日点进动、引力频移和光线在引力场中的弯曲这三个可以检验的事实。

可见，逻辑证明的前提、论据的真实性不能由逻辑证明自身来确定，而必须由实践的检验来确定。

在逻辑证明过程中，必须严格遵守逻辑规则，正确运用推理形式，才能从真实的论据中推导出正确的结果。然而，这些规则和形式既不会从天上掉下来，也不是我们头脑里固有的，它只能是人类在长期的社会实践中形成，并由实践反复证明了的。

逻辑证明只能说明思维合乎逻辑，推理形式正确，例如前提蕴涵结论，但不能证明这个结论一定合乎事实。逻辑证明只是一种证明，而不是证实。美国逻辑学家卡尔纳普(Rudolf Carnap, 1891—1970)用“逻辑上有效”(L—valid)和“物理上有效(P—valid)这两个词来加以区别是合理的。只有实践，社会的实践才能证实一个理论、知识、认识的真实性。人们运用已经获得的认识来指导一定的实践活动，当实践过程中出现了符合原来认识的结果时，一般说来就检验了这一认识的真理性。“当我们按照我们所感知的事物特性来利用这些事物的时候，我们就让我们的感性知觉的正确性受到确实可靠的检验。”④因为实践的结果是整个实践活动合乎规律的发展，它是用事实证明，又是为人们所感知或体验到的。这个结果不是自然产生的，而是渗透着人们实践

的目的，是人们按照理论知识有计划地进行物质活动的产物，因而能够作检验理论、知识、认识的尺度和准绳。由于实践是主观见之于客观的东西，它能够把理论变成物质力量，引起客观对象的变化，变主观为客观，使知识物化，理论现实化，使主观的东西获得"外部现实性这种形式的实在性"。从客观对象的这种变化中，人们就可以作出判断，看看这种变化是不是人们所预期的目的，从推论中获得的结论性知识是否符合客观事物及其规律，如果符合，那么这种理论、知识、认识就具有真理性。

人类的认识就是在不断经受实践的检验中发展的。一部物理学史就是一部不断经受实践检验的历史。标志着物理学的不同发展阶段的经典力学、量子力学和相对论力学都是由实践证明而确立起来的物理学理论体系。

两千多年前，由阿几米德建立起来的"静力学"，是手工业时代的必然产物，是人们长期的生产实践（建房、造桥、制车、造船等工艺生产实践）所证明了的真理性认识。到了17世纪，资本主义由工场手工业向机器工业发展，对力学现象的研究也相应地从静力学向动力学发展。以牛顿力学为代表的经典动力学的真理性为人们所公认，也是由二百多年的工业实践历史所证实的结果。

量子力学描述微观粒子的力学运动，认为微观世界有其特殊的规律，微观客体，不论电子、光子、原子核或原子都既具有粒子性，又有波动性；微观世界的物理过程不遵循机械决定论的规律，微观客体不能同时具有完全确定的座标和动量；初始状态相同的微观物理系统有不同发展过程的几率分布是确定的。量子力学的这些理论也都是经过许多科学实验的实践检验后得到认可的。

力学理论从描述低速运动发展到描述高速运动的狭义相对论也是被实践证明了的真理性认识。广义相对论说明引力场的作用表现为"时—空四度结构的曲率"，把物质引力、运动、时间、空间不可分割地统一起来了。这一理论之所以能够确立也是由于

科学观察实验证实了它的真理性。

经典力学、量子力学、相对论之间并不互相排斥，每一种理论都在一定范围内说明特定的物理现象，并为相应的实践所检验和证实。

我们还要看到，要获得真理性的科学认识，决不是一次实践行动就能够检验和证明，而是要经历多次的、反复的实践行动，甚至要有一个相当长的过程。所谓实践是检验认识的真理性的标准是指历史的实践。这是因为人们的认识受到客观和主观条件的限制。从客观条件来说，不但受到科学技术条件的限制，而且也受到客观事物的发展及其表现程度的限制。客观事物及其本质的暴露有一个过程，人们对它的认识也有一个过程。有些事物包含有多方面的性质，人们不可能一下子完全把握它。就主观条件来说，人们不仅受到社会实践所处的不同地位的限制，也受到个人知识水平、工作方法的限制，这也决定了人们的认识不可能一下子就达到真理性的认识，往往需要反复多次才能做到主客观一致或比较一致。而且实践的结果并非马上就全部显露出来，有的需要几年、几十年甚至更长时间才能看清楚它的后果。所以作为检验认识的真理性标准的实践，是指历史的社会实践。

注：

①恩格斯：《社会主义从空想到科学的发发》，《马克思恩格斯选集》第 3 卷，人民出版社1972年版，第 386 页。

②恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社1971年版，第 43 页。

③爱因斯坦：《狭义与广义相对论浅说》，上海科学技术出版社，1979年版，第 102 页。

④同①，第 386 页。

第七章　逻辑学和辩证逻辑的数学化与形式化

第一节　逻辑学的数学化与形式化

一、逻辑学也有一个精确性的问题

形式逻辑经历了二千多年的发展，素以严谨著称，并被科学界公认为是一种比较精密的科学。但是仔细推敲起来并非如此。逻辑学是研究思维形式的，严格的讲"思维"在中文里是动词，是指思维活动的过程，思想才是思维的成果，现在所说的"思维形式"应该是"思想形式"，人们在思维活动过程中是不断地运用着"思想形式"。但是"思维形式" 已成为逻辑学的习惯用语，我们也按惯例使用"思维形式"这个术语（正如前面说过的不用"思维形态"一样）。又如判断这一思维形式的定义在许多逻辑学教科书中是不确切的， 虽是逻辑学教材却违反了逻辑规则，用循环论证的办法来定义，说"判断是断定事实情况的思维形态"、"判断是对思维有所断定的一种思维形式"，简单判断是"不包含其他判断的判断"①等。对概念所下的定义也有类似的含混不清情况。②

科学发展的历史证明，一门科学仅有定性的描述，是远远不够的，只有达到能够进行定量分析的阶段，才算是一门精确的科学。对数量的认识是人类认识事物和思维发展的一个重要环节，依靠实践和理性思维建立起来的数学是人类认识世界的一种极有用的、不可缺少的工具。伽利略甚至认为一切性质都可用量来解

释，“宇宙这本书是用数学文字完成的”③，凡是人们能够度量的，就能认识，不能度量就不能认识。拉法格在《回忆马克思》一书里曾经提到，按照马克思的看法，“一种科学只有在能运用数学时，才算达到了真正完善的地步。”④

客观存在的一切事物都是质和量的统一体。事物不仅有质的规定性而且有量的规定性，质一般要通过一定的量来表现。事物的质变和量变是紧密相联、相互制约的。所以，我们在研究任何问题时，都必须注意作量的考察和分析，才能更准确地把握事物的质。只有依靠对事物的质和量的两方面认识的相互渗透，才能总结和揭示出事物发展的科学规律。整个自然科学发展的历史完全可以说明这一点。例如当力学等学科已经成为较成熟的学科时，生物学还处于非精确科学的阶段，也是针对当时这种情况，恩格斯在一百多年前谈到数学的实际应用状况时说：“在固体力学中是绝对的，在气体力学中是近似的，在液体力学中已经比较困难了；在物理学中是尝试性的和相对的；在化学中是最简单的一次方程式；在生物学中＝0。”⑤在生物学中，当人们从显微镜中见到细胞之后，就描述和运用细胞这概念了，当然这种描述是随着生物学的发展，对于细胞认识的不断深入而不断发展变化的。但是在数学中，就不允许这种情况，数学概念在提出来时就必须是严格、确切的，也就是在逻辑上是清清楚楚的。因而一门科学一旦运用上数学也就处于严格的、确切的这种状况。当然，生物学发展到今日已经完全和一百多年前的情况不同了。近四十年来，随着现代科学技术的发展，各种先进仪器和设备，特别是电子计算机的广泛应用，使生物学逐渐由一门定性的、描述性的学科走向定量的、精确的学科。目前数学在生物学中已广泛应用，主要是两个方面：第一，利用各种数学方法，设计生物学实验，处理和分析实验数据，评价实验结果；第二，利用数学方法为生物学研究提供数学模型，以便对生命现象作更本质、更概括

的描述和研究。在生物学实现数学化的过程中，还逐步形成了一门独立的边缘学科——生物数学。有人预言，到下一世纪，生物学与数学的关系，将与几百年来的物理学与数学的密切关系那样，互相提携，互相促进。

数学在自然科学中的应用，已经不仅仅是探讨数值解，而且是用数学方法去探讨其它学科的发展规律，例如用数学物理探讨构造性场论。

在社会科学中，特别是经济学，也开始运用数学和数学方法。社会科学的各个学科在没有实现数学化以前，严格地讲也都不能算是精确科学，因此也可以说社会科学的成熟程度是落后于自然科学的成熟程度的。可以说运动形式愈简单就愈容易实现数学化，愈容易达到精确科学的程度。社会运动是比较复杂、高级的运动，实现数学化达到精确科学的程度自然要比自然科学难和慢。但是近几十年来社会科学特别是经济学也在迅猛地沿着这条道路前进。

逻辑学虽然已有两千多年的历史，但是逻辑学的研究对象是人类的思维，思维运动也是很复杂的高级运动，特别是辩证思维更是如此。逻辑学的发展，以及近代思维科学、社会科学和自然科学的发展都提出了要求和提供可能使逻辑学包括辩证逻辑实现数学化和形式化，从而使逻辑学发展成一门精确的科学。

恩格斯指出："数学：辩证的辅助工具和表现方式。"⑥数学是用一套形式的数学语言为各门科学服务的思想工具。数学本身体现着丰富的辩证内容，人类的辩证思维完全可能被数学化和形式化。

我们研究和运用逻辑学于科学研究，要着重于从思维规律的角度去研究方法论的作用。我们总结一项研究成果的着眼点不在于用范畴等一定的思维形式，去表达研究成果，而在于整理成果、推广成果，研究其规律性。数学中的公理化运动就是一个典

型例子。这样做就要求逻辑学必须是一门精确的科学，必须使逻辑学数学化。

使一门科学数学化，首先就是要使它形式化、符号化。数学在科学研究中的作用有三：一、为科学研究提供简洁精确的形式化语言；二、为科学研究提供数量分析和计算的方法；三、为科学研究提供推理工具和抽象能力。所有这些作用的发挥都是以形式化、符号化为前提的。

用形式化语言来表达科学理论，可使我们有可能用严格的语言标准来检验科学理论、判明科学理论的不矛盾性和所使用的词项的准确性。

二、符号化的作用

"人不能事事直接经验，事实上多数的知识都是间接经验的东西，这就是一切古代的和外域的知识。"⑦人类积累的科学知识愈来愈多，近代甚至达到所谓"知识激增"的程度，而人们的学习、接受前人成就的过程，各个个体，如就其教养的内容而言，必须走过普遍精神所走的那些发展阶段⑧，这样缩短个体所必须走普遍精神所走过的那些发展阶段的时间，就成为一个极端重要的问题。如果能够解决好语言、文字的形式化、数学化问题就可以促进这个重要问题的解决。因此符号的问题就成为一个重要问题。

人们最初对感觉到的外界事物认识到可以彼此区别，并且可以根据一定规则而对应于别的事物，就产生"记号"。记号是具体的物理事物，只要两图形在空间上占有不同的位置，便是两个记号，例如 a a b 就是三个记号。人们在使用记号的过程中，又发现各记号之间有一种同型关系，根据生活实践中形成的人为约定可以确定哪些记号是同型的，哪些是不同型的。凡是同型关系都

必须具有自反性（每个记号与自己同型）、对称性（如果甲与乙同型，则乙亦与甲同型）和可传型（如果甲与乙同型，乙与丙同型，则甲与丙同型）。对同型的记号施以"同一性的抽象"就得出符号。所以与代表具体的物理事物的记号不同，符号是经过抽象而得到的抽象东西。有了符号，我们就可以用符号来表示所讨论的对象，而不必描述该事物本身。当然符号只是表示某事物，而不能代替该事物，在符号与符号之间则可以代替。

一般所说的符号指的是字母、电码、语言、数学符号、化学符号、速记符号、交通标志等。当然符号的范围更广，如打招呼的动作、仪式、游戏、文艺等的构成要素都是符号，甚至地上留下的足印也是代表某一动物的"自然性符号"，侦破案件时利用的指纹、血型也是一种符号。

我国古以零代表无，记为"□"，作为空白的符号，在印度则记为"■"，印度的符号传入阿拉伯后，被改成"0"，后来成了世界通用的符号。符号是在人们交往接触中形成的。

人们要交流思想和感情就必须采用一种手段来作为媒介。这种媒介包括手势、有声语言、字、图画、预先约定的信号、符号等。近代电子计算机科学的发展，又使得计算机语言、程序设计等软件系统也成了重要的媒介。不管是哪一种，它都离不开人与人之间的交往关系，所以它是一种社会关系构成的体系，并且是在一定历史发展条件下形成的体系。所以符号的产生并不是单纯的思想产物，而是有其自然原型和社会历史背景的。语义学家沙夫认为符号有三个特征"(1)物质的对象代表的抽象概念；(2)这种代表作用是以一种约定为基础的；人们要理解一个符号，人们就必须知道这种约定；(3)约定的代表作用(Conventional representation)，是以用记号(sign)代表抽象概念为基础的，即是以一种表面上诉诸于感官的代表作用为基础的。"⑨

符号对文化的交流能够起重要作用，而人们使用符号时，

大家也都习惯地知道其含义。因此符号与外部客观世界、人们与外部的客观世界的关系就常常被忽略，进而认为我们只能认识自己的思想产物，甚至符号的意义也是我们的思想所给予的。这种过份夸大符号的作用，甚至得出"物体是感觉复合的思想符号"的结论，当然是错误的。列宁在《唯物主义和经验批判主义》一书中批评了这种错误观点，并指出："模写定要而且必然是以'被模写'的东西的客观实在性为前题。"⑩但是列宁并不是一般地反对符号在认识中的作用，而是揭露那种用符号把主观认识与客观世界断离开来的不可知论的成分。列宁甚至还明确指出过："一般地对于符号是没有什么可反对的。但是'反对一切符号主义'时必须指出：它有时是'不去把握、揭示、证明概念的规定'(Begriffsbest immungen)'就敷衍了事的方便手段'。而哲学的任务却正是在于把握、揭示、证明概念的规定。"⑪

在探讨了符号的性质、作用以后，我们再来看看逻辑学的符号化问题，数学符号和数学符号在逻辑学中的运用。

用数学符号来表达人们的思想有三个优点：

(一) 确切性。古今中外用来表达逻辑关系的日常语言都是不够确切的。日常语言的语法虽然较为稳定，可以规则化，但是无论哪一种自然语言的语法都有不少漏洞，往往造成不同的解释。从古代的算术到现代的数学的发展中，关键性的变革之一，是引进符号系统来确切地表示数与形的关系。

(二) 经济性。在古代，数学运算用日常语言进行时，手续繁杂，速度缓慢，而引进符号系统后，情况就迅速改变。目前，在中学学习阶段，对符号系统表示的公式，还需要用习惯的日常语言（母语）加以转述和解释。而过了这个阶段，在掌握了符号系绕后，定理只要用符号表达，不需要再转述为日常语言了；而且高等数学、物理等的定理，内容很复杂，不容易用日常语言转述，即使勉强转述了，也嫌太罗唆、太笨拙。

（三） 通用性。经过世界范围内公认的某种符号系统（例如微积分符号、化学结构和基本粒子符号等），能够突破各民族语言间的隔阂，成为全人类共同的统一表述工具。不管哪个国家、使用哪种语言的人，只要具备了一定的科学素养，都可以明确地懂得它的复杂含义。

数学符号对数学、物理学和其他自然科学的发展起过非常积极的作用。

莱布尼茨在创造微积分时，甚至比牛顿更少注意到严密性和逻辑性，但他用精巧的符号来表达微积分是一个杰出的贡献。在对微积分的发展中作过许多贡献的数学家，只有少数人意识到运用简明确当的符号的重要性（看来莱布尼茨是一开始就认识到这一点的，后来又经其他数学家加以改进），而如果微积分的符号停留在牛顿那种粗糙和不完整的记法上，微积分就不可能像后来那样成为有力的数学工具。莱布尼茨用'd'来表示他的差分；dx 是两个两个相邻 x 之间的差；1684年引入符号dy与dx以表示曲线上两个相邻点的纵坐标之差与横坐标之差；1686 年又引入符号 $\int x$（后来变成了 $\int xdx$）表示和数。在《皇家学会会报》中有这样一句话："从 1687 年以来，莱布尼茨先生就一直使用符号 $\int x$、$\int y$、$\int z$ 来表示纵坐标之和。"⑫

爱因斯坦创建相对论也得力于运用了确当的符号。与爱因斯坦同时代的、本世纪最主要的法国数学家阿达玛(Jacques Hadamard,1865—1963)在运用黎曼几何方面的成就远高于爱因斯坦，他于 1914 年在美国耶鲁大学出版了一本经典性的偏微分方程的书，书的一开始就讲四维空间，此书实际上是用黎曼几何来搞偏微分方程。后来他还以此为据，提出相对论是他首先提出来的。但是阿达玛的书非常难读，他不肯用下标，而是用 $\sum_{\alpha=1}^{4}\lambda_\alpha\mu_\alpha$ 这类记号，未能使用确当的数学符号是阿达玛未能得出相对论结论的原

因之一。

逻辑学要实现数学化、形式化、首先就是要在逻辑学中引进数学符号，符号化是逻辑学达到形式化、数学化的关键。

逻辑学须要符号化，这是所有的逻辑学家都同意的，美国逻辑学家柯丕(Irving M.Copi)认为引入符号逻辑的理由有三个方面，(一)自然语言意义含糊，用它表述的论证往往不易识别，而且判定论证是否有效的问题，在自然语言中处理起来比较麻烦、为了避免这些实质性的困难，就需要建立一种没有这些缺点而又能够把语句和论证列成公式的人工符号语言，(二)从逻辑学产生起，就已使用符号了，不过近代逻辑使用符号的程度和作用与古代（例如亚里士多德的“变项”）来比有了非常巨大的变化，(三)采用专门的逻辑符号，能促进推导结论和评价论证的工作。⑬

早在亚里士多德创立逻辑学时，他就已经注意到逻辑学的形式化问题。亚里士多德在《工具论》中常将三段式表达为“如果A属于所有b，b属于所有B，那么A属于B”等，他只在非有效三段论式的前提中，才使用具体名词。不过亚里士多德关于符号组合分析的尝试长期来被人们所忽视。以后的逻辑学家在形式逻辑中运用“M——P”，A、E、I、O等符号时，就继续进行着逻辑学的形式化、符号化的工作。但是只有把数学方法应用于逻辑，并建立了数理逻辑以后，才谈得上逻辑学的数学化、形式化。

在数理逻辑的早期形态——布尔代数（又称逻辑代数开关代数）的创始人布尔(Geovge Boole,1815—1864)那里，第一次实现了逻辑学的符号化。

布尔创造了一套运算符号来表示逻辑推理中的基本关系，见图 7-1。

布尔定义“·”为“逻辑乘”或“与”；“+”为“逻辑加”或“或”；“-”为“逻辑否”或“非”。这三种运算相当于集合论里的“∩”(交),“∪”(并),“'”(补)。布尔把大写字母符号解释为

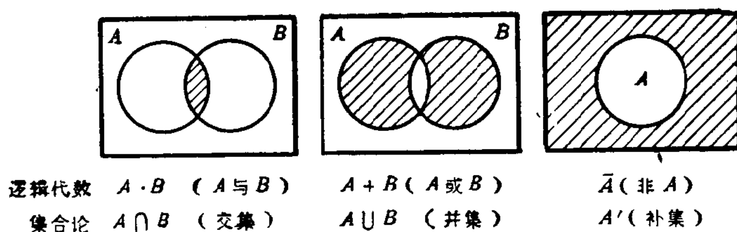


图 7-1 用逻辑代数或集合论表示逻辑推理关系

"类"概念，符号的运算解释为"类演算"，"="(等式)解释为"判断"，交换解释为"推理"。这样就成功地运用集合代数方法处理了逻辑演绎问题。此外他又引入了概率论来探讨不层于演绎范围内的推理规律。

以形式逻辑的四种直言判为例（见表 7-1），可以看出布尔代数的符号完全可以表达各种判断形式。

表 7-1 用布尔代数符号表示判断形式

判断名称	全称肯定断判 (A)	全称否定判断 (E)	特称肯定判断 (I)	特称否定判断 (O)
陈述式	所有的 S 都是 P	所有的 S 都不是 P	有些 S 是 P	有些 S 不是 P
布尔代数公式	$S\cdot P=S$ (即 $S\subseteq P$)	$S\cdot P=0$ 或 $S\cdot\overline{P}=S$ (即 $S\subseteq\overline{P}$)	$S\cdot P\neq 0$	$S\cdot\overline{P}\neq 0$
图解	S P	S P $\overline{P}$	S P	S·P P $\overline{P}$

这样一个具体推理过程就可以转化为布尔代数运算，如表 7-2所示。

表 7-2 用布尔代数运算表示推理过程

形式逻辑推理格式	经集合论的包含关系(⊆)的传递性所得的转化结果	用布尔代数的运算法则所得的结果
大前提M是P	假设 1 $M\subseteq P$	假设 1 $M\cdot P=M$
小前提S是M	假设 2 $S\subseteq M$	假设 2 $S\cdot M=S$
结论 S是P	结果 $S\subseteq P$	结果 $S\cdot P=S$

到了 20 世纪中时，电机和电子学专家发现“开关电路”和布尔代数在形式上完全一致，不久电子计算机专家又发现不论使用电子管或是晶体管还是集成元件来组成“电子线路”，发现它们与布尔代数也完全是对应的。也就是说，布尔代数、开关电路和电子线路完全是一一对应的，是同一客观规律在不同侧面的具体反映，见表 7-3。

表 7-3 布尔代数、开关电路及电子线路的对应情况

布尔代数	开关电路	电子线路
0	—o╲o—	——（无信号）
1	—o—o—	—⎍—（有信号）
+（逻辑加）	（并联）	$A+B$（或门）
·（逻辑乘）	—o╲o—o╲o—（串联）	$A\cdot B$（与门）
—（逻辑否）	—o╲o— —o—o—（改变状态）	$\bar{A}$（非门）

在数理逻辑中，命题可用析取句式($p\vee q$)，合取句式($p\wedge q$ 或 $p\cdot q$)与条件句式(蕴涵式，$p\supset q$)来表示。如传统逻辑的三条规律可以表述为：

同一律：$P \supset P$（这是永真命题）

矛盾律：$P \wedge \overline{P}$（P与非P的合取，要改成$(\overline{P \wedge \overline{P}})$才是永真式）

排中律：$P \vee \overline{P}$（P与非P的析取）

在真值表上各行中不会把"T"（真）和"F"（假）都写上（矛盾律），但也不会把"T"和"F"都不写上(排中律)。在数理逻辑中，将这三条规律符号化以后就发现。这三条规律并不像传统逻辑所说的那样具有绝对的、带根本性的地位和作用，因为这三条规律符号化后，就可以看出它们都不是永真命题的唯一形式，因而也完全有可能在逻辑学中存在着效果更好，对思维活动更为重要的规律。

逻辑学还有许多领域须要去认真进行探讨。

俄国逻辑学家卡林斯基(Mikhall Ivanovieh Karinsky,1840—1917)在其1880年出版的《推理的分类》一书中试图建立一个"公理——演绎"的逻辑系统，在这个逻辑系统内不仅可以描述古典逻辑，而且可以描述古典推理逻辑。按照卡林斯基的看法，推理的基本原则是：由前提"与A处于关系R的是B"和"B等于C",可以得出结论："与A处于关系R的是C"。可见，其中一个前提确认某些概念之间的属性关系或别的关系，而另一个前提确定两个概念的外延相同。在上述两个例子中，"关系R"和"等于"这两个关系起着"系词"的作用。在第一个前提中，A称为"主词"，B称为"宾词"；在第二个前提中，"主词"是B，"宾词"是C。上述推理过程是在判断"B等于C"的基础上将第二个前提的"宾词"C与第一个前提的"主词"A联系起来的。这一原则可以表述为：如果$A=B$，那末$\phi(A)=\phi(B)$，其中ϕ为任意的逻辑函数（用语言来表达是：凡对A成立的，对B也成立）。这推理原则还可以表述为：如果$A=BC$，而$C=DE$，则$A=BDE$，这种推理原则不仅适用演绎推理，也适用

非演绎推理，只要把假设看成是以“宾词的对比”为基础的推理即可。例如：如果 x 与某个 y 有关系 R，而性质 y 并不为 z 所固有，那么 x 与 z 不相容。这种推理方法，在诉讼上，常被用来作为被告因案件发生时，本人未在场，而无罪的证明方法。卡林斯基还提出了具有集合体概念的推理方式：A 为 B 的一个组部分，B 是 K、L、M、N、O、P 组成，而 K、L、M、N 为 B 的另一个组部分（或 B 中除了 A 以外的部分），所以 A 是由 O 和 P 组成的。

波兰逻辑学家塔尔斯基认为历史上第一个语句演算系统出现于德国数理逻辑学家弗雷格，在波兰逻辑学家列斯尼夫斯基(S.Lesniewski,1886—1936)的著作中形式化的过程达到了非常高的程度，他的成就之一是关于定义规则的精确而完全的论述。当代波兰逻辑学家路卡西维契(Jan Lukasiewicz,1878—1956)又成功地给予语句演算一个特别简单精确的形式，引起了对语句演算的广泛研究。⑭

在数理逻辑的研究中创立了许多重要的研究方法，利用种种符号进行形式化处理的方法是其中的最重要的一个。形式化方法是公理化方法的继续和发展，它要求对数学公理和推演规则都给以形式化并建立相应的形式系统。这种方法不仅在数学上是重要的（如运用它建立了集合论的公理系统、哥德尔的不完全性定理，证明了连续统假设和选择公理的协调性和独立性定理，揭示了一些不可形式化的数学问题等），而且它在电子计算机科学中也有重要的应用。到目前为止，计算机仍然是使用形式化语言进行工作的。也可以说乔姆斯基(N.chomski)的数理语言学就是语法学的一个形式系统。形式化的方法开始于数理逻辑的研究，现在已遍及许多科学，特别是计算机科学，人工智能、语法学等学科。

在本章中将会用到的数学和逻辑学的符号及其对应关系，见表7-4。

表 7-4　符号及其对应关系

初等数学	集合论	布尔代数	数理逻辑	模糊逻辑算子
×	交集∩（公共元素）	与·（逻辑乘）	析取，或 ∨（$p \vee q$）	∨取大
＋	并集∪	或＋（逻辑加）	合取，且 ∧（$p \wedge q$）	∧取小
0	补集 A'，A^c	非 $\bar{A}$ ¬	非－（$\overline{P}$）	$1-x$　补
＜		真包含⊂ $A \subset B$，A真含于B，B的元素不都是A的元素	实质蕴涵⊃ （$p \supset q$），如果p则q等价于≡（$p \equiv q$）（同真假）	⊂ $\underset{\sim}{A} \subset \underset{\sim}{B} \Longleftrightarrow \mu_A(x) < \mu_B(x)$
⩽		包含⊂ $A \subseteq B$，A含于B，A的元素都是B的元素	强蕴涵⟶ （$p \to q$），如果p则q等同＝（意义上也相等）	⊆ $\underset{\sim}{A} \subseteq \underset{\sim}{B} \Longleftrightarrow \mu_A(x) \leqslant \mu_B(x)$
－	差－	差－，＼ $A \setminus B$（A与B的差）		
	×（有时与交混用）	×		

三、逻辑思维的形式化是实现人机对话的关键

要实现人机对话就要建立人和计算机之间交流信息的工具。人和人之间是通过自然语言（如汉语、英语、德语、日语等）来

交流信息的，人和计算机之间能否也通过自然语言交流呢？这是一个正在研究中的人工智能课题。现代计算机科学的发展是从数值处理到数据处理，再到现在的知识处理阶段的。在这个阶段，自然语言的理解成了重要的研究领域。对自然语言理解的研究，从早期的自动翻译到语法分析后的理解后，又经过二十年左右的时间(1964)，美国的AEPAL报告指出短期内不可能取得成果；然后人们转向"形式语言"的研究。自然语言理解的研究因而又掀起一个新的高潮，第五代计算机的研制也有赖于这方面的成就。自然语言理解问题的核心是对语法、语义、语境的分析、识别、转换、生成能为对方理解的表示。这种研究成果的取得要有一个过程，而且其中关键之一是首先实现人类逻辑思维的形式化。从数学发展史来看，数学在开始时也是用自然语言描述的，但只是当它形式化后才得到迅速的发展，人类思维能不能形式化呢？人类的智力也是一种形式化系统，因此思维过程和自然语言，从总体上来说是可以形式化的，甚至在一定程度上可以进行程序设计；神经系统的功能也可以用形式的神经网络来实现。但是人的思维不可能完全形式化。从数学上说，哥德尔早在1931年就证明了，即使在包括整数的简单公理体系内，也存在有不可判定的命题，不能用算术公理证明它是正确的还是不正确的，亦即在自然数的算术中也不可能在任何形式语言体系内把所有命题完全形式化。所以人类的全部思维过程是不可能完全形式化的，当然这不等于说思维过程不能模拟、不能认识，思维过程的形式化描述是人类认识自身思维的一个重要环节。

思维的形式化要牵涉到语言问题，人类的智能所以大大超过其他动物，是因为人类能进行逻辑思维(理性认识)并且将这种思维活动用语言表达出来，语言扩大了传递人类思维的通道，学习不再限于动物性的模仿，而是通过语言(包括文字的语言)进行信息交换。语言可以描述各种状态和行动，这些状态和行动可以是

目前存在或正在发生的，可以是过去的，也可以是将来的，甚至是不可能存在或只是一种假设。

人和人之间通过一种共同语言（自然语言）来交换信息，人和机器之间也应该有共同语言，如果机器能理解自然语言（例如计算机翻译）当然是很有利的。研究语言理解系统比较有名的维诺格拉德(Winograt)研究出一套人机对话的办法，来命令计算机按要求堆放积木，就是一个实例。

计算机理解自然语言主要靠对语法和语义的分析。语法分析包括分析每个词是什么词类，它们的“格”，词与词之间“性”和“数”的一致，什么词后面应该跟什么词等等。对于一个句子，从头到尾一个词一个词地进行分析。语义分析主要是分析上下文之间的关系，一个词在不同的上下文的情况下或在不同的使用环境中，它的意义可能相差很大。

由于计算机只能处理各种数字化的信息，因此句子中的各种成分在机器里都是以编码的方式来表示的，也就是说语言和文字都得符号化、形式化。

如果我们将人类的逻辑思维活动及其自然语言表达式实现形式化、符号化、我们就可以得到一个便于机器接受的、明白、可靠、简短的文本，它可以为电子计算机所接受，而且不依赖语言制作者的本国语言就能为全世界各民族的人民普遍应用，从而更有效地发挥思维的作用。为此，也只有这样才能在人与机器之间、机器与机器之间找到理想的共同语言。在计算机科学发展过程中，产生了研究、发展计算机语言的任务。经过几十年的努力，目前已出了多种算法语言和人工智能语言。

电子计算机进行计算的过程是执行一系列指令的过程，所以可把指令看作是计算机的“语言”，这种语言称为机器语言。

人们开始都以机器指令代码编写程序，进入50年代后，开始设想程序设计是否也能自动化。于是很快就发现，可以用一些简单

而又形象的符号来代表机器指令中的操作码和地址码，并把这些符号称为记忆码或符号语言。不直接用指令代码来编写程序，而改用符号语言来编写程序，这样的程序称为符号程序。当然，计算机并不认识符号程序中的符号，因此，在符号程序输入计算机之前，必须先将符号程序中的符号（记忆码），逐个代回计算机所能认识的代码，把符号程序重新换成机器指令程序。这种符号程序仍与数学公式差别很大，它与机器语言一样，是为特定的机器服务的，是面向机器的语言。程序设计自动化的继续发展，要求创造出自动化程序更高的语言。自50年代中期以后，陆续出现了算法语言和各式各样的程序自动化语言。

算法语言与数学公式非常接近，又与计算机的内部逻辑结构无关。算法语言使得程序设计人员可以不用考虑机器的内部逻辑结构，因而能集中精力去推敲解题方法的逻辑过程的描述。算法语言和其它各式各样的自动化语言，通常被称为计算机程序语言或程序语言。这些语言不仅脱离了计算机的具体特点，而且接近人们在解决问题时使用的“语言”，因而使用起来很方便。这些语言可分为两类，一类是为非常专门的应用而设计的，一类是为比较通用的目的而设计的。后一类中常用的是：ALGOL（算法语言），主要有1960年修订ALGOL 58而形成的ALGOL 60；FORTRAN(公式翻译)语言中的FORTRANⅡ、FORTRANⅣ和1972年国际标准化协会(ISO)公布的完全的、中间的和基本的三级FORTRAN标准文本，以及后来又发展的FORTRAN 77和BASIC语言（初学者通用符号指令系统）。后来产生一些适合人工智能研究用的语言，如IPL、LISP、QA_4、PLANNER、PLOLOG等。近年来又开始研究这些高级程序设计语言的转换问题（例如从PASCAL语言到C语言的转换系统），即用比较成熟的编译理论、形式语言理论、特别是指称语义学来研究语言间的转换。这种语言转换的基本思想是用统一的语义来表示不同

语言的含义，使得语言转换中的对应程序在语义上相等价，从而保证语言转换的正确性。

由于人工智能的研究工作尚未成熟，所使用的语言的能力也非常有限。例如大人教小孩系鞋带，只要用简单的语句和做几次示范就可以了，但是现有的计算机语言都无法描述这个动作，因此计算机也没有本领教会小孩如何系鞋带。

但是不管怎样，这个工作还是在进行着，完成这一任务的关键也是实现逻辑学、特别是辩证逻辑的数学化、形式化。而起人工智能作用的计算机语言的研究，是这一工作的一个重要方面。

例如LISP语言是为人机对话而设计的一种语言。纯LISP是作为数学语言而设计的，其公式容易在计算机表示。由于它的数学特性（如人们不能“破坏性地转换”序偶(7、3)或(8、3))，故把纯LISP视为这样一种程序设计语言，它的理论是为那些离散对象的属性生成精确断言的数学工具，许多程序是作为这种程序的函数写出的。

总之，从上述算法语言、人工智能语言等计算机语言的发展状况来看，实现人机对话的计算机语言都是首先将表达人类逻辑思维的语言形式化、符号化；而且只有这样做，才能在人与机器之间、以及机器与机器之间，找到理想的、通用的共同语言。

注：

①北师大等校编：《普通逻辑》第50页；金岳霖主编：《形式逻辑》，人民出版社1979年版第68页，80页。

②高尔斯基：《逻辑学》，人民教育出版社1957年版，第83页；米尼·阿历克赛也夫：《思维形式辩证法》，上海人民出版社，1961年版，第202、204页。

③转引自Forler：《Development of Scientific Method》P.83。

④拉法格，李卜克内西：《回忆马克思》，人民出版社，1954年版，第8页。
⑤恩格斯：《自然辩证法》，人民出版社，1971年版，第249页。
⑥同⑤，第3页
⑦毛泽东：《实践论》，《毛泽东选集》第1卷，人民出版社1952年版，第276—277页。
⑧黑格尔：《精神现象学》上卷，商务印书馆1962年版，第18页。
⑨沙夫：《语义学引论》，商务印书馆1979年版，第187页。
⑩列宁：《唯物主义和经验批判主义》，《列宁选集》第2卷，人民出版社1972年版，第240—241页。
⑪《列宁全集》第38卷，第122—123页。
⑫斯科特：《数学史》，商务印书馆1981年版，第216页。
⑬Copi：Introduction to Logic(1978)。
⑭塔尔斯基：《逻辑与演绎科学方法论导论》商务印书馆1980年版，第16、128页。

第二节　逻辑学和数学

一、逻辑就是计算

计算有两种，一种是数量关系的计算，一种是依存关系的计算，研究前一种计算关系的科学是数学，研究后一种计算关系的科学是逻辑学。

数学离不开算帐，几何离不开测量，逻辑离不开争辩。但是每当人们开动脑筋进行思考和争辩时，都要涉及各式各种依存关

系，就这一方面的内容来说，也就离不开计算。正因为如此，经过人们长时期的体验和总结，得出了“思维即计算”的结论，文字中的“心里盘算”、“善于算计”等就是人们对思维即计算这一认识的反映。

把思维当作一种计算的观念是很古老的，毕达哥拉斯学派认为“数是一切事物的本质，整个有规定的宇宙的组织，就是数以及数的关系的和谐系统”。他们把数想像为事物的实质，从而把数和数之间的关系想象成为事物和事物之间的关系，这样观念和数就有相同的意义，因而思维和数的运算也就有相同的意义。伊壁鸠鲁学派的菲罗德谟斯（EpicureauPhilodemus，公元前一世纪）也有类似的想法，他的论文«哲学的语法»曾明确谈及逻辑与计算的同一性，他把逻辑叫做逻辑斯蒂克：即计算的艺术。中世纪西班牙的逻辑学家莱蒙特·拉尔（Ramoud Lull，1235—1315)第一个试图实现这种逻辑演算，他已开始用字母(即代数符号)来表达概念。他在«大艺术»(Arts Magna)这本著作中，想借助一种机械的方法从给出的判断推演出新的判断，这就是说，他想为推理建立一种机械的方法。拉尔的后继者也试图改进和发展他的理想，到了18世纪，一些哲学家如霍布斯和孔狄亚克(Condillac,1715—1780)都有这种想法，他们把逻辑设想为一种完构的语言(Well Constructed language)一种记号的演算。这种逻辑即计算的思想待到数理逻辑诞生后（见本章第三节）就成了现实。

二、数学与逻辑学的关系

人类认识能力的发展是在广泛的各门科学知识的成果中翱翔前进的，各门科学知识的成果愈是丰富，认识能力的发展就愈是广拓、深远。可以说在人类认识发展史中，抽象思维在知识成果的浩瀚气流中翱翔前进的有力两翼是数学和逻辑学。而数学与逻

辑学的关系是非常密切的。美国数学史家克莱因(Morris Kline)在《古今数学思想》的数学基础部分的一开头引了两段话："逻辑是不可战胜的，因为要反对逻辑还得使用逻辑"。(Pierre Boutroux)"我们知道，数学家对于逻辑不如逻辑学家对于数学那样关心。数学和逻辑是精确科学的两只眼睛：数学派闭上逻辑眼睛，逻辑派闭上数学眼睛，各自相信一只眼睛比两只看得更好。"(Augustus de Morgan)① 克莱因引这两段话是强调逻辑学对数学有着重要的作用。

数学对逻辑性的要求比其它科学更高，这是因为，数学的对象是表现为思想事物的纯粹的量，是具有高度抽象性的量，所以，在阐述数学概念、确认数学理论、形式数学体系时，就不能借助于可重复的实验等等来实现，而是必须借助于严谨的逻辑结构来实现。从科学发展史可以看到，古代最早形成具有较为严谨的逻辑体系的科学，出现在数学中；现代最早形成以公理化为标志的具有严密逻辑结构的学科，也出现在数学中；卓有成效地推广应用这种思想，也以数学各个分支学科为最多。另一方面，逻辑学为达到其自身体系的严谨性，又要借助于数学的表现形式。

研究数学必须研究数学本身的逻辑学，因为数学规律也是思维规律，或者说是一种特殊的思维规律。数学这座大厦的建筑材料是从现实世界中抽象出来的量的关系，而把这些材料堆砌成大厦的是逻辑关系。所以数学这座大厦的基础的牢固性，依赖于它的逻辑结构的协调、精致和有效。数学与逻辑学的这种密切关系，无论在数学的理论研究中或数学的应用中，甚至在工程控制中都是十分明显的。钱学森仝志在其《工程控制论》中也曾论述了计算机的"逻辑世界"与被控系统的"物理世界"的关系，数学模型与逻辑模型的关系，并说："请注意计算的逻辑规则相同的问题并不一定是数学性质相同的问题"，逻辑规则更为广泛，我们应把数学规则转换为逻辑规则。②

由于数理悖论的产生，数学基础的深入研究，使得罗素在其巨著《数学原理》一书中写下了这样一句名言："数学是这样的一门科学，人们既不知道他说的是什么，也不知道他说的是否正确。"这句话初看起来有点莫名其妙，仔细推敲起来这句话含有两层意思；第一，数学中每个名词都有定义，而定义是不允许循环定义的，因此最初的名词必是无定义的，因此也是可以作任意解释的；第二，数学中每条定理都必须证明，但是证明也是不允许循环论证的，最初的定理（即公理），必总是无从证明的，因而有可能是错误的。既然数学推导的最初出发点可能是错误的，那就不能肯定结论一定是正确的，既然数学的最初出发点是可以作任意解释的，那么数学的明确含义是什么就可能是不清楚的。正是就数学尚无严密的逻辑基础这种情况，罗素表述了他对数学的这种看法。

无论是自然科学、社会科学还是思维科学，由于都是人类思维的结晶，所以本质上都有（借用数学术语来说）"同构"的一面。著名瑞士心理学家琼•皮亚杰(Jean Piaget,1986—1980)说，在巴黎郊外举行的一次"心理和数学结构会议"（大约在1970年前不久）上，法国布尔巴吉学派的数学家裘东尼（他是反对，也不研究心理学的）和皮亚杰（他那时也不熟悉数学）两人，一个从数学角度描述数学的三种基本结构：代数结构，拓朴结构，序列结构；一个从儿童意识思维发展的角度描述儿童认识能力的三种结构：类逻辑，序列逻辑，拓朴学的直觉。他们惊奇地发现两者之间存在着一种十分直接的关系③。物理学家杨振宁也惊奇于数学的纤维丛理论表面看来与物理世界的结构毫无关系，但实际上丛的述语和物理学中规范场的术语竟然可以一一对应和非常相象。④这些现象都说明了不同学科都是从某一角度去探讨和揭示思维和存在的规律，而在涉及到思维、存在的一些本质规律时，就必然会出现雷同的情况。

由于数学思想与思维规律关系更为密切，因此数学、逻辑学、哲学在认识史、科学史上经常是互相推动、互相影响的；甚至可以说这三门科学几乎是同时、同级发展前进的。

公元五世纪时由于毕达哥拉斯学派的希伯索斯发现了等腰直角三角形的直角边和斜边不能通约而发现了无理数，导致了第一次数学危机和哲学思想上的混乱。无理数的出现，使希腊人认识到几何比算术更为重要，并发展了比例论，认识到单凭直觉经验不够，还需要逻辑证明。在这次危机和思想混乱得到解决和克服的过程中，人类的认识达到一次飞跃。在定量方面，数学上总结出了欧几里得几何学，在定性方面出现了亚里士多德的《工具论》。其后，这两人的学说，在西欧一千多年的哲学、逻辑学、数学的历史中，基本上没有变化。到17世纪，以1602年出版的弗·培根的《新工具论》为标志，诞生了近代自然科学哲学和归纳逻辑学。同时，欧洲在这一时期的哲学界也出现了霍布斯（Thomas Hobbes,1588—1679），洛克(John Locke, 1632—1704)，斯宾诺莎(Benedictus de Spinoza, 1632—1677)，贝克莱 (Bishop Berkeley,1685—1753)等大批著名的哲学家。在数学上，从笛卡儿开始，将变量引进数学，牛顿、莱布尼茨创建了微积分。到18世纪，随着微积分的诞生，$\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{0}{0}$的神秘概念的数学基础究竟是什么，引起了第二次数学危机和哲学思想的混乱，贝克莱就借此大肆攻击唯物论。也是在这次数学危机和思想混乱的解决和克服过程中，哲学、逻辑学、数学都得到了迅猛的发展。在数学上柯西(Augustin Louis Cauchy,1789—1857)建立了极限理论，其后魏尔斯特拉斯(Karl Theodor Weierstrass, 1815—1897)、戴德金(Richard Dedekind,1831—1916)康托尔、(George Contor, 1845—1918)建立了实数论，并在实数的基础上证明了极限理论，将牛顿的实无限小改成潜无限小，为经典分析奠定了理论基础。

在逻辑学方面布尔实现了莱布尼茨提出的数理逻辑思想建立了布尔代数（逻辑代数），后来弗雷格引进了量词（全称量词∀和存在的量词∃），建立命题演算和狭义的谓词演算，使数理逻辑有了较完整的科学体系。在哲学方面，在柯西、布尔的同时代产生了德国古典哲学和马克思主义哲学。在魏尔斯特拉斯、戴德金、康托尔和弗雷格的时代产生了列宁主义。所以在17世纪到19世纪末、20世纪初这段时期里，由于德国古典哲学和辩证唯物主义的产生，数理逻辑科学体系的建立，和辩证逻辑的孕育和诞生，使哲学和逻辑学出现了突破；在新的哲学思想、逻辑思想的影响下，数学又得到了突破，它反过来又促进了哲学和逻辑学的发展。

在第二次数学危机尚未彻底解决时，第三次数学危机又发生了。19世纪末20世纪初，德国数学家康托尔提出了“集合论”，为数学基础的研究开拓了一个新的领域。康托儿还指出了集合论迸发出的悖论，从而引起了数学史上的第三次危机，人们相继发现了许多的悖论，特别是罗素、怀特海的《数学原理》一书，用了相当多的篇幅讨论了悖论问题。集合论悖论动摇了逻辑学和数学的基础。在这第三次数学危机中，数学、逻辑学、哲学相互间的密切关系尤为显著，一门科学发展中提出的问题必然涉及并推动其他两门科学的发展。第三次数学危机的问题是爆发在数学和逻辑学的交界点上，悖论问题经过这几十年的研究，大大促进了数学和逻辑学的发展，但问题迄今未得到解决。

悖论的研究在逻辑学上的重大意义是发现了辩证思维特有的一些形式，它们能反映形式逻辑（不管它有多么精确）无法反映和描述的思维内容。（参见第三章第三节关于悖论的叙说）。

第三次数学危机的解决，看来与过去一样，有待于提出新的思想。第一次数学危机说明了光靠直觉不行，必须要有推导证明，几何公理体系的出现解决了这次危机。第二次数学危机说明了形与数要结合，要用变量数学代替常量数学，要用“固定范畴”

流动的观点，要引进有限与无限的统一和有限体现无限的思想。经典数学分析的建立基本上解决了这次危机。第三次数学危机的解决，看来有待于引进辩证逻辑和使辩证逻辑形式化、数学化所需的数学思想。这样，就有可能正确认识和处理数学基础和逻辑学中的悖论问题，并导致完整的辩证逻辑科学体系的建立，从而也能使马克思主义哲学的科学体系真正建立起来。

逻辑学与数学有着非常密切的关系，以至有些数学家认为这两门科学实质上是一门科学。有的人认为逻辑学是数学的延伸，这派主张的代表人物是莱布尼茨，他想把逻辑转变为数学，后来在布尔代数中初步得到实现，哥德尔还提出要使“逻辑语言算术化”。有的人认为数学是逻辑学的延伸，这派主张的代表人物是罗素，他认为：“逻辑即数学的青年时代，数学即逻辑的壮年时代，青年与壮年没有截然的分界线，故数学与逻辑亦然。”⑤罗素在1937年写的《数学原理》的第二版序中说：“我在下文中发挥的一个基本论点是，数学和逻辑学是相同的；始终认为没有任何理由来改变这种观点。”他在1946年出版的《西方哲学史》一书中又说：“从弗雷格的工作可以推断算术以及一切纯数学无非是演绎逻辑的延长。”“在这个意义上，数学知识还不是经验的知识，也不是关于世界的先验知识。其实，这种知识仅仅是词句上的知识，‘3’的意思是‘2+1’，‘4’的意思是‘3+1’……，因而数学知识不再神秘，它和一码等于三尺这个‘天经地义’完全属同样的性质”。⑥但事实上，逻辑并不能推出数学，罗素实质上是把数学还原为集合。同样，逻辑学可以而应该实现数学化、形式化，但这并不等于说逻辑学是从数学中派生出来的，它们是两门有密切关系（互相依赖、互相渗透）而又有不同研究领域和不同研究方法、各自独立的科学。

三、形式逻辑与辩证逻辑的关系与常量数学与变量数学的关系相对应

初等数学研究的对象是常量和固定的图形，代数主要研究数量间的运算规则，几何主要研究图形，三角虽两者兼有，但仍和代数几何一样主要研究的还是不变的量（常量）和不变的图形。初等代数研究的方程式，都是有固定的解的，例如在 $x^2-3x+2=0$ 这样的方程中，$x=1$ 和 $x=2$ 就是它的解。至于像 $x^2+y^2=a^2$ 这样的不定方程式，在初等数学中，由于它没有固定的解而不被人们所注意；因为初等数学还是用静止的观点来考虑和处理问题的，它不把 $x^2+y^2=a^2$ 看作两个变量的依赖关系，因而觉得这种方程没有多大意义。在几何学中，不仅欧几里得几何学是研究不变的空间形式的，就是被人称为古希腊几何的最高峰的阿波罗尼(Apollonius,约公元前262—190)的《圆锥曲线》，也由于没有运动的观念，只把圆锥曲线看作圆锥体与平面相截的截线（即固定的图形），没有把它看成动点依一定规律运动的轨迹；虽然他已研究了抛物线、椭圆的焦点、双曲线的渐近线等问题，但还是属于常量数学的范畴。这种数学水平是和奴隶社会和封建社会的生产力水平相适应的，因为那时连力学也都没有超过静力学以及计算力的平衡这样的范围，在这样的范围内单有研究常量和固定形式的空间数学就够了。

变量的出现是数学发展的转折点。世界上的一切事物都采取两种状态：相对静止和显著变化的状态。在数学上以抽象的形式，从量的侧面来表示它们，就有了常量和变量的概念，并且把常量了解为绝对不变的量而与变量相对立。这种对立在初等数学里是绝对的，在高等数学里则既承认两者的差异，又承认两者在一定条件下可以互相转化。从初等数学向高等数学转变，需要两

个条件，其一是生产实践的发展，其二是用运动发展的辩证观点来研究数学，引入变量概念。在高等数学中，解析几何、微分学、积分学等所研究的对象，主要是变化的量（变量）和变化的图形，所以必须用运动的观点去研究它们。

随着资本主义生产的发展，自然科学和技术科学也迅速发展起来，他们向数学提出了大量的研究课题和要求。使数学打破了常量数学的局限性。远洋航行的发展和因此而引起的天文学研究，新技术的发展和与此有关的力学的发展都迫切需要寻求各种方法，来解决当时所发生的许多新的数学问题。这些问题的新异之处主要在于必须对广义而言的运动从数学上来研究它的规律。整个自然界，由最小质点到最大物体，都是处在永恒的产生和消灭的过程中，处在毫不间断的流动中，处在始终不停的运动和变化中。每一门自然科学所研究的，归根结底总是运动的某一种形式；科学技术的发展要求从数学上研究各种变化过程、运动过程以及一个量与另一个量相倚而变的过程。有生产过程中使用机器对变量数学的产生起了最关键的作用。马克思说："机器在十七世纪的间或应用是极其重要的，因为它为当时的大数学家创立现代力学提供了实际的支点和刺激。"⑦这句话对于与近代力学联系在一起的变量数学的产生来说同样适用。时钟是当时最典型的一种机器，制造时钟的摆要求很严格，必须进行极其精密的计算。可是摆的运动速度不是常量而是随时间的变化而变化的，这就要求从数学上研究变量的规律。另外，与当时使用机器密切联系在一起的造船业和航海业的发展，要求确定星位以便导航，就推动了天体力学的研究。但是行星按照椭圆轨道运动的规律问题、抛物体运动规律问题都有一个研究变量的问题。此外，军事上要解决炮弹的轨道和最大射程问题，矿井抽水要解决的流体力学问题，都不是在常量数学范围内所能解决，而是必须研究变量、研究变量间的依赖关系（函数关系）。这些情况说明了生产实践和各门科学的

发展都向数学提出了突破常量范围进入变量范围的要求。事实上开普勒的行星运动第三定律$\frac{T^2}{r^2}$，伽利略的落体定律 $S=\frac{1}{2}gt^2$ 等发现就已经在各具体科学领域里把 T、r、S、t 等物理量考虑为变量；而行星运动的椭圆轨道、炮弹发射弹道的计算，就已经在具体问题上把圆锥曲线当作是可以进行代数计算的动点运动轨迹来看待。而航海家们用经纬线来确定船只运动的方位也已经为笛卡儿坐标提供了一个现实的原型。因此撇开这些问题的质的方面来单纯考察数量关系就产生了函数的概念和解析几何，进入变量数学阶段。

当然，为了创立变量数学，仅有客观要求还是不够的，必须在主观上运用辩证思维，用辩证法的哲学思想作指导。初等数学（常量数学）本身虽然也是充满着辩证法的，但由于它的研究对象是相对静止的、相对稳定不变的量，所以在那种历史条件下，只用研究事物稳定性的形式逻辑的方法去对待它，可以勉强应付。正是在这个意义上，恩格斯才说："初等数学，即常数的数学，是在形式逻辑的范围内活动的，至少总的说来是这样……。⑧至于变量数学就不相同了，它的研究对象本身是不断地连续地变动着的，没有运动的相互联系的观点、没有辩证法的观点是绝对理解不了它的本质和规律的。所以恩格斯说："数学本身由于研究变数而进入辩证法的领域，而且很明显，正是辩证哲学家笛卡儿使数学有了这种进步。"⑨"而变数的数学——其中最重要的部分是微积分——本质上不外是辩证法在数学方面的运用。"⑩笛卡儿是一个二元论者，但他的自然观有辩证法思想，他第一个提出了运动守恒定律，他把整个宇宙看成是由物质作旋风式的运动分化出来的。依据这个观点，他认为数学可以把运动的"次序与量度"结合起来，因而他将二元不定方程的两个未知数X、Y的关系看作连续变化着的变量的依赖关系。给定X的值就有与之相

对应的Y值，而每一对X、Y在平面坐标上有着点的坐标，这样当X、Y连续变化时，动点在平面上移动就形成曲线。不同的代数方程式对应着不同的曲线，于是曲线被看作可以进行代数运算的动点轨迹，这就是解析几何的基本思想。有了描述物体运动轨迹的方法，很自然就要求解决这样两个问题：一、已知点的运动轨迹，如何求它在各个时刻的瞬时速度；二、已知点的速度变化规律如何求出它的运动轨迹。这两个问题都是生产实践中提出来要解决的问题，在数学上就是微分和积分的问题。

变量和常量是一对矛盾，两者既有区别又有联系，并且在具体到某一量时，在不同的条件下两者又可以互相转化。例如重力加速度g，在通常情况下取$g=9.8m/s^2$，这是指在地面附近或不太大的地面范围内，g的变化甚小，可以把它当作常量。如果条件变了，如发射和回收地球卫星时，就要考虑到g的差别，这时g就是变量。即使在数学中常量与变量也是相对的。首先，常量在一定条件下具有任意性，可视为变量，如$(a+b)^3=a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$，$\sin(\alpha+\beta)=\sin\alpha\cos\beta+\cos\alpha\sin\beta$等。变量在一定条件下又有不变性，可视为常量，如多元函数求偏导数时，每次都只把一个自变量作为变量来看，而把其余的自变量当作常量来处理。其次，在数学中常常通过常量来刻划变量，如$y=ax^2+bx+c$，式中y与x的关系由常量a、b、c来决定。另一方面又常常通过变量来研究常量，如积分中求曲边梯形面积、连续变量的作用的总和等就是把常量看成变量的暂住状态或特定值，或变量在变化过程中的稳定趋势（极限）因而作为变量的对立物而与变量构成统一体而得到解的。微积分中$\int_a^b f(x)dx=F(b)-F(a)$这一基本定理的证明就是一个例子。

所谓变量就是事物运动的数量表现，它在其可取数值中，取某一个值，又可取另一个值，取这一个值又不取这一个值。变量

本身就是矛盾，然而正是这个矛盾的相继出现和同时被克服，才组成了变量的概念，而且仅仅因为如此，它才可以反映事物的运动。

事物运动的形态是多种多样的，运动过程也是复杂的，因而为了精确地描述它们，只有有限变量及其函数关系还是不够的，还必须研究一种具有特殊变化形态的量——无限大量与无限小量及与此相关的有限量与无限量。无限小量与无限大量之间的关系、无限量与有限量的关系也是高等数学所特有的矛盾。

在高等数学中到处都要运用辩证法、辩证思维，因而高等数学运用的逻辑思维是辩证逻辑而不是形式逻辑。

如在导数运算中，$(uv)'=u'v+v'u$，说明函数乘积的导数，可以转化为各个函数的导数分别与另一函数乘积的和。

在级数中，$f(x)=\cos x$，在 $x=0$ 处的幂级数展开式（即泰勒级数）为：

$$\cos x=1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}-\frac{x^6}{6!}+\cdots\cdots+(-1)^n\frac{x^{2n}}{(2n)!}+\cdots\cdots$$

这个等式左边是一个有限表达式，右边则是一个无限表达式。在这里有限和无限的辩证关系，通过等式被统一起来了。说明无限包含着有限，而有限也包含着无限。而且，这个等式的左边是三角函数，右边是幂函数，这说明在性质和形式都不相同的三角函数和幂函数之间，并没有什么绝对的界限，它们在一定的条件下可以互相转化。

再如微分和积分是两种互逆运算，它们之间是互相对立的，但用极限观点来看，它们又是统一的。

在高等数学中，我们还可以看到，由于变数引进了数学，无论是微分还是积分的运算，都使互相对立的直线和曲线、平面和曲面、整体和部分、变和不变、近似和准确以及有限和无限等，在一定的条件下等同起来。

按照形式和辑逻的要求，一个合理的思想，首先必须避免对于事物的论断上的矛盾，按照辩证逻辑的要求，即把握事物的产生、发展和消失过程的要求，一个合理的思想必须肯定和必须在理论系统上来反映事物的矛盾，反映对立物的转化。这两种要求相当于初等数学（常量数学）和高等数学（变量数学）的要求和解决问题的能力。

形式逻辑是研究正确思维的形式及其初步（知性阶段）规律的科学，它之所以只是思维的初步规则，就是因为它所反映的客观内容只是客观事物的相对静止的方面，而不是反映客观事物的绝对的、运动发展的方面。因此，在数学中，形式逻辑只能反映常量变化的规律，辩证逻辑才能反映变量变化的规律，形式逻辑只能反映客观事物相对静止下的量变过程的数量化规律，而不能反映质变状态下的数量变化规律。因为在质变状态下，事物走向了它的反面，突破了形式逻辑同一律的狭隘界限。

在高等数学（变量数学）中，已经遵循辩证法的要求来处理数量关系，因而运用的逻辑思想也从形式逻辑发展到辩证逻辑。

在函数的平均变化率转变为瞬时变化率亦即导数的矛盾运动中，当自变量的改变量绝对值愈来愈小(但不等于零)时，是平均变化率的量变状态,它的数量变化规律是形式逻辑所能反映的,是属于形式逻辑范畴的；当自变量的改变量一旦由非零转化为零而达到质变状态时，数量变化规律就突破了形式逻辑的狭隘界限，超出了形式逻辑所能刻划的范围。所以，在求导数的运算时所遇到的逻辑困难，不是由于数学中的计算和推导而产生，而是由于人们企图将不属于形式逻辑范畴的数量关系，硬要纳入形式逻辑的规范之中去。所以恩格斯说："辩证法突破了形式逻辑的狭隘界限，所以它包含着更广的世界观的萌芽"，"要用形式逻辑去证明辩证法领域中所获得的结果"，"是白费气力的"。⑪

除了上述常量与变量的关系外，我们还可以从数学研究的

层次（外表与内在的两个层次）来看形式逻辑与辩证逻辑的关系。在初等数学中用形式逻辑来刻划纯粹的量，形式逻辑中的概念是纯粹的量，判断是纯量间的关系、属性，推理是纯量的推理，公理化系统是纯量的结构。在一个数学的公理化形式系统中，它的表现形式和外在联系是概念、判断、推理之间的纯量关系，是一些概念的形式定义与定理的形式证明。这些都是形式逻辑范围内能够处理的。但是数学家们在形成这些定理的证明过程中，以及深入学习掌握这些定理的分析综合过程中，就不是形式逻辑所能处理的了。在数学表述的外表层次后面还有内在的本质的活生生的联系。客观事物的具体模型是一个活生生的有血有肉的量的结构，人们通过数学方法的思维加工，就既剔除了质的内容的血肉，又进行割碎与僵化的分定，去掉了其中的内在联系。所以从表面层次看来，就留下了一摊纯量分定的死的骨架。正是这个骨架可以用形式逻辑来表述，可以通过形式逻辑的方法来学习和掌握。但数学家在作出这种僵死的骨架的表述以前是经过了各种猜测、探讨而形成的思路，也就是在外在联系的背后，有着内在的深刻联系。在学习这些数学知识时，虽然首先也要掌握这些僵死的骨架，但是要真正掌握它，还得完全清楚这一骨架的来龙去脉，掌握它的内在联系和思路。正是通过这一过程而洞悉隐含在外表联系之中的内在联系，然后把内在联系与外表联系统一起来，这样就好比给僵死的骨架赋以内在联系的灵魂，使它复活成一个生动的有机整体。例如我们通过质点运动的路程和时间两个变量之间的关系来解释函数这个抽象概念。这就好比电影中的一个一个分定了的镜头胶片利用放映机将它串联起来在银幕上放映，以分定集合形式定义的抽象函数概念，就一下变成生动具体的形象，活跃在数学家的思维直观之中。研究变量之间关系的微积分学，常常被称作“分析”，就是因为这种数学处理方法为了精确地研究现实世界中变量之间的关系，首先要在思维过程中把变化着的对象（实

数的各个数值）细致地分析清楚，并且确定下来，构成完全分定了的实数的集合（实数空间）。然后再研究这些分定了的对象之间的关系，研究它们之间的内在的活生生的联系，研究它们的表里两个层次中包含的一系列辩证矛盾。而研究内在层次以及外表、内在这两个层次的关系就要运用辩证逻辑。

总之，逻辑学中形式逻辑与辩证逻辑的关系与数学中常量与变量的关系相对应。

注：

①M.克莱因：《古今数学思想》，上海科学技术出版社1981年版，第4册，第289页。

②钱学森：《工程控制论》，科学出版社1958年版，第161—163页。

③琼·皮亚杰：《发生认识论》，《教育研究》，1979年第3期，第92页。

④杨振宁：《磁单极、纤维丛和规范场》，《自然杂志》，1979年第1期。

⑤转引自莫绍揆：《数理逻辑初步》，上海人民出版社1980年版，第79页。

⑥罗素：《西方哲学史》商务印书馆1981年版，下卷第391页，393页。

⑦《马克思恩格斯全集》第23卷，第386页。

⑧恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第132页。

⑨同⑧，第119页。

⑩同⑧，第132页。

⑪同⑧，第132页，133页。

第三节　数理逻辑为形式逻辑的数学化、形式化问题的解决开辟了道路

一、数理逻辑产生的历史背景

数理逻辑是一门近代化的逻辑科学，严格地讲是传统逻辑(形式逻辑)部分内容的数学化、形式化。它把数学方法应用于逻辑学，使逻辑学研究题材的范围更加宽广，使用的方法精密，并为推论和证明建立了严格的形式系统和理论。数理逻辑又称符号逻辑或逻辑斯蒂。

数理逻辑有两种含义，狭义的和广义的。

狭义的数理逻辑认为：数理逻辑是对数学中所应用的思维方法，首先是数学证明的逻辑分析。数理逻辑代表人物之一马尔柯夫(A.A.MapkoB)不同意许多数学家把数理逻辑归入数学学科，而明确指出数理辑逻是一般辑逻学的一个部门，就是基于这种认识。

广义的数理辑逻认为数理辑逻是运用一定的数学方法，首先是数学类比的形式辑逻。著名的形式逻辑学者塔尔斯基(Alfred Tarski,1902—?)说："逻辑很早就发展成一门独立的科学，甚至比算术和几何都要早。经过一个几乎是完全停滞的长时期，这门学问直到最近才开始一个巨大的发展；在这个发生过程中，它经历了一种彻底的转变而成为一门具有与数学类似的性质的学问。这种转变后的新逻辑，就是所谓数理逻辑，或演绎逻辑，或符号逻辑；有时我们也叫它做逻辑斯蒂(logistic)。新逻辑在很多方面都超过旧逻辑，这不仅是由于新逻辑所建立起来的丰富的

概念与定理。从根本上说，旧的传统逻辑只是新逻辑中的一个片断部分，而且这个部分，从其他科学，特别是从数学方面的要求看，是完全不重要的。”①

数理逻辑的兴起和发展主要是沿着两条道路：其一是人们感到传统逻辑的不足，需要加以改进，尤其是借助数学的方法（如使用符号，注重推理等等）而加以改进；另一条道路是对数学基础的研究，产生了大量与逻辑有关的问题。从这两方面的发展产生了数理逻辑，并达到今日的昌盛地步。②

1. 传统逻辑的不足

传统逻辑始自亚里士多德，长期来被认为是完美无缺的，但19世纪以后，逻辑学家、数学家和其他科学家都感到以形式逻辑为主要内容的传统逻辑，远不是完美无缺的；相反，存在着不少缺点，主要缺点有三：

第一，传统逻辑所讨论的问题限于主宾式语句。亦即限于全称肯定(A)——凡S均为P，全称否定(E)——凡S均不是P，特称肯定(I)——有些S是P，和特称否定(0)——有些S不是P这四种主宾式语句。而日常生活中，特别是在科学研究中所讨论的问题不是主宾式语句都能包括的，在数学中甚至所使用的表达形式大多数不是主宾式语句，例如“$a>b$”，“点C介于点B与D之间”等。

第二，传统逻辑的推理格式限于三段论式，事实上人们日常的思维活动并不都是三段论推理。例如在几何学中，我们经常讨论的问题是，“如何从b介于a、c之间，及d介于b、c之间，而推出b介于a、d之间及d介于a、c之间”这类问题。可见仅仅使用传统逻辑是不够的。

第三，传统逻辑没有关于量词的研究。虽然传统逻辑很重视概念外延的研究，但由于它限于研究主宾语句和没有“变元”的概念，使得量词的作用受到极大的限制，以致不起作用。

量词有两种，一是全称量词（记为“$\forall$”，读作“对所有”）用来表示“凡”、“任何”、“所有”等意义，二是存在量词(记为“$\exists$”，读作“存在”）用来表示“有”、“有些”等意义。有些语句，例如“任给一自然数m，均有一个自然数n，使得对任何自然数p，均有一个自然数q，使得$m \cdot n = p + q$。”这样的语句，决不是没有量词的传统的全称判断或特称判断所能表达。事实上，在初等数学中还很少使用量词，而在高等数学中则到处充满含有量词的语句和有关量词的推导。例如近代分析的基础是极限理论，而极限的定义是：“设有数列$\{a_n\}$和常数A，任意一个$\varepsilon > 0$，必有N存在，当$n > N$时，使$|a_n - A| < \varepsilon$成立”，这里就包含着三个量词相重叠的语句。

因此传统逻辑作为思维活动的工具，已远不适应近代科学的发展，非要现代化不可，也就是要形式化和数学化。

2. 数学基础的研究、发展对逻辑学提出新的要求

影响传统逻辑、形式逻辑向数理逻辑发展的另一个重要渊源是关于数学基础的理论的研究发展。

数学基础是研究数学的对象、性质和方法的学科。从数学史来说，数学上的三次危机就是数学基础问题的大争论。第一次危机是发现了无理数，打击和动摇了古希腊以毕达哥拉斯学派为代表的数学思想的基础——“只有可通约的量”。提出了“直观明显性”不能代替“逻辑证明”的思想，并经过欧几里得的努力，用公理方法建立了欧几里得几何。如欧氏的《几何原本》第一卷中的48个定理完全是根据35个定义、5个公设和5个公理使用逻辑推理的方法给以演绎证明的。但是欧氏几何的第五公设（平行公理）却早就受到人们的怀疑，从公元前3世纪一直到19世纪的两千多年中，许多数学家都曾从事欧氏几何的改进工作，特别是企图把第五公设当成一个定理来加以证明，但是都没有成功。一直到19世纪20年代，德国的高斯，俄国的罗巴切夫斯基和匈牙利的亚·

鲍亚这三位数学家在不同的国度里，在认真总结前人和自己试证第五公设的失败教训的基础上，几乎同时提出了非欧几何的思想，创立了非欧几何学。

非欧几何的建立从数学基础的角度来探讨，必须证明它自己是不矛盾的，要做相容性证明。要证明否认第五公设不会产生矛盾，亦即要证明任何时候都不会出现矛盾，而不满足"直到今天还未发现矛盾"这个事实。而且这种相容性的证明不能是相对的，例如证明欧氏几何是相容的、没有矛盾的，那么非欧几何也是相容的、没有矛盾的；实数论上的代数命题是相容的，不矛盾的，欧氏几何由于其命题都可表示为代数（实数论上的）命题，所以也是相容的、不矛盾的等。而是要证明一个数学分支学科的绝对相容性，也就是要证明该理论本身的相容性，而不需要再到别的理论的相容性中去找证明。这种相容性问题的证明，不仅牵涉到数学而且牵涉到逻辑学。

数学史上的第二次危机是微积分中的基础问题引起的，是关于如何理解无限小（既不等于零又等于零的矛盾）这个问题的争论引起的。微积分后来采取了极限理论，用潜无限的概念代替实无限（潜无限是指变为无限小的过程，趋近于无限小的过程，这种变化仍在实数范围内），从而避开了使用无限大、无限小的概念，暂时解决了这场争论引起的危机。

但是极限理论的基本性质是"有界单调的数列必有极限"。在建立微积分的理论基础、解决数学史上的第二次危机中，戴德金和康托尔都重新给"实数"下了定义，并根据这种定义，纯逻辑地、不依靠任何几何直觉而推出极限理论的上述基本性质，从而也就能推出整个极限理论及微积分学。

这样，就和证明非欧几何的相容性一样，微积分学的相容性也有赖于实数论的相容性的证明，而实数论的相容性又必然要还原到自然数论和集合论的相容性，集合论的相容性就成了整个数

学相容性的支柱。

而在研究集合论的相容性时，就出现了集合论悖论（这方面的大概情况已在第三章中叙述过）。这个悖论是在数学和逻辑学的交界点上发生的，因此对集合论悖论的研究和解决极大地促进了数学和逻辑学的发展，特别是促进了数理逻辑的发展。

在发现集合论的悖论以后，在西方资本主义国家的数学基础的研究中，主要有直觉主义，形式主义和逻辑主义三大派。直觉主义以荷兰数学家布劳维(Lnitzen Egbert Jan Brouwer,1881—1966)和海丁(Arend Heyting)为代表，他们认为数学认识不依赖于逻辑和经验，它的唯一来源是数学思维中所固有的一种带构造性的直觉，因而否认排中律在数学论证中可以普遍使用。直觉主义认为一个命题可能有三种情况：一、真，二、假（=不真），三、不假。假是能举出反例的，不假与真不一样，但是举不出反例。例如："如果A则A"是真命题，"A既真又假"是假命题，"A或非A"是不假命题。形式主义以德国数学家希尔伯特(David Hilbert,1862—1943)为代表。他们认为数学的真实性必须也只须建立在它公理系统的无矛盾性上，而这公理系统只须形式地描述出不加定义的对象间所具有的关系即可。逻辑主义以英国数学家、哲学家罗素(Bertrand Russell,1872—1970)为代表，他们认为全部数学可以归结为逻辑，而逻辑是不反映任何实在联系的任意结合的符号体系。

从逻辑学的角度来讲，由于对数学基础研究得出的不同观点、结论，就产生了数理逻辑的一些主要分支：证明论、模型论、递归论和公理化集合论。

证明论是希尔伯特提出，经哥德尔(Kürt Gödel,1906—1976)等人的精细批判而得到发展。要实现希尔伯特的证明无所不包的系统的设想（希尔伯特规则）是不现实的，（哥德尔的不完备性定理证明了这点）但在有限的范围内证明某一数学系统的一致性

和无矛盾性确是必要的。证明论的主要内容是证明数学（具体些说，是自然数论和集合论）的不矛盾性。它是研究数学证明的理论，研究数学证明的规律的，所以证明论又叫做元数学。元数学的研究方法的特点是着眼于整个系统，把整个系统作为研究的对象。希尔伯特认为，在研究数学理论的相容性时，在彻底公理化以后，可以暂时舍弃内容，集中注意力于形式方面，把基本概念看作无内容的念概（和通常的公理系统那样），因而可以把推理过程只看作符号演变的过程。这样，如果能证明从表示公理的符号式子出发，无论怎样演变，都不能演变出“0≠0”，那么数学理论的相容性就得到证明了。证明论为数理逻辑发展出崭新的面貌提供了强有力的工具。

模型论。在数理逻辑中，对形式系统的研究，往往借助于对满足这些形式系统的数学结构的研究来完成，这种数学结构称为模型。对模型加以统一研究的科学称为模型论，所以模型论是研究形式系统和其中数学模型之间的关系的。模型论本来是证明论的付产品，但它发展得很快，至今已与证明论分庭抗礼，成为数理辑逻四大部门之一。原来要证明某种理论不矛盾，最简捷的办法是作出该理论的模型。如果某种理论有模型，它便不会矛盾。在造模型的过程中，当然要讨论各种模型的性质，讨论各种模型彼此的关系，讨论模型的分类等等，这些研究便促使模型论日益发展，逐渐壮大成熟。

在模型论的研究中，发现好些公理系统并没有唯一地刻划所研究的对象，而且可以有完全不同的模型来满足它们。这些新发现的模型就叫做非标准模型。例如罗滨孙（A.Robinson）便是利用非标准模型而把无限小、无限大引入数学分析中，得出了非标准分析。

递归论是关于可计算性问题的理论，它也是从希尔伯特计划中的“证明论”研究中发展出来的。递归论把证明性问题转变为

可计算性问题。古典递归函数是在自然数上定义的一种函数，对未知数的计算常常回到已知值而得出，所以叫做“递归”。

递归函数论又叫做能行可计算理论（简称能行性理论）。数学中好些存在定理，都不是能行的，即在要求具体给出所存在的数时，是很难给出的。这种非能行性的存在定理，绝大多数是由反证法给出的，其证明过程大体如下：“如果某某方程无解……必导致矛盾，从而该方程有解。”根据这种证法，我们很难从而找出该方程的根。递归函数论便是为了强调能行性而发展起来的。它是从最原始的函数开始，根据能行的办法逐步作出各函数，使得各函数之值都是可以计算的。如此逐步推演下去，所讨论的函数及所得的结论都是能行的，这便是递归论的着眼之所在。

1936年英国数学家图灵(Alan Mathison Turning，1912—1954)把计算性概念同机器程序、形式系统的概念统一起来。凡是能用图灵机器计算的函数都是能行可计算的。自从电子计算机出现以后，能行性理论更受到人们的重视，因为一般递归函数都可以用电子计算机计算。

公理化集合论，在传统逻辑中已把主语宾语(它们表示概念)的关系解释为类的包含关系，集合论问世后，许多人都把集合概念当作逻辑概念。但是集合论虽已成为近代数学的的基本工具之一，而本身尚有许多问题没有解决。集合论在数理逻辑中也占有很重要的地位，因为集合的概念、集合与它的元素之间的关系非常复杂，按照通常的数学推理稍不小心便会导致矛盾，这是别的部门、别的学科所没有的现象。如何仔细地检查在集合论中的推理，如何使集合论不出矛盾是一个重大问题，因为集合论的问题既牵涉到逻辑学，也涉及到整个数学。

因为集合论悖论的存在，已经可以看出集合论的不相容性，于是人们开始研究如何改造集合论，即如何删除自相矛盾的部分而成为相容的理论体系。为了修改集合论，就于本世纪初创造出

公理化集合论（指罗素等对集合论的改造工作），以区别康托尔的古典集合论（或朴素集合论）。

关于数理逻辑的作用，哥德尔说："数理逻辑不外是形式逻辑的精确的和完全的表述。"③关于公理化集合论他又说："数学中公理的地位与物理学中的假设相似，后者能否成为科学真理，决定于经验的检验，前者也一样。"④可见哥德尔在逻辑学、数理逻辑的研究上比传统的数学家和逻辑学家前进了一步。传统的观点是只要能"自圆其说"，就是正确的，哥德尔刚提出是否正确还得看它是否符合客观实在。

1939 年哥德尔证明了选择公理和连续统假设的协调性，创造了可构造集合的模型。⑤1963 年美国数学家科恩(Paul J. Cohen,1934—)证明了选择公理和连续统假设的独立性，创造了著名的新方法——力迫法⑥。力迫法的产生不仅使集合论有了重大的发展，而且使数理逻辑的几个主要分支有了新的发展。

总之，证明论、模型论、递归论和公理化集合论是近代数理逻辑学的四个主要部分。这些部分的发展主要是在集合论悖论发现后，在大力开展数学基础的研究过程中，形成和发展起来的。从时间上说是在罗素完成了数理逻辑的科学体系的同时及以后发展起来的。为了了解整个数理逻辑产生的历史背景我们还应回顾一下数理逻辑从思想萌芽到成长为科学理论体系的大致过程。

3. 数理逻辑的产生过程和主要代表人物

在 16 世纪到 18 世纪这段时期里，随着资本主义生产关系的成长、发展而带来的科学技术的发展，促使数学和力学有了迅速的发展，从而促使人们设想在逻辑学中也可以应用数学方法。英国的唯物主义哲学家霍布斯首先提出了这一想法。他认为一切思维"不过是计算（即加与减）"，"正如算术学者教人数目的加与减；几何学家教人在线，形，角，比例，快速程度、力等方面进行加减；逻辑学家则教人在字的推论方面进行加与减；将两

个名词相加得到一个断定，将两个断定相加得到一个三段论，将若干个三段论相加得到一个证明，并且由三段论的结论中减去一个命题以得到另一个命题。”⑦与霍布斯同时代的法国数学家笛卡儿认为可以有一个普遍适用的方法来解决各种科学问题，他把这种方法叫做“普遍的数学”。

但是霍布斯和笛卡儿都没有尝试建立这种新的逻辑，最早真正提出数理逻辑思想的是德国数学家莱布尼茨。莱布尼茨以为数学家的认识在同行中是大家都赞成、毫无争论的，如果有谁无心地做错了，别人都能够指出来，做错者自己也会心悦口服地承认错误，决不会在那里做狡辩。但是对哲学家（包括逻辑学家）来说，情况便不相同了，彼此争论不休，谁也说服不了谁。因此，莱布尼茨想替逻辑学建立一种代数，使得逻辑的推导象代数的推导那样，有明确无疑的规则，除了无心的错误或者开始时的根据(即前提)有误以外，任何人都将作同样的推导，获得同样的结果。莱布尼茨在给友人的一封信上写道：“要是我少受打扰，或者要是我更年青些，或有一些年青人来帮助我，我将作出一种‘一般代数’(spécieusegénérale)，在其中一切推理的正确性将化归于计算。它同时又将是一般语言，但却和目前所有的一切完全不同，其中的字母将由推理（或理性 Reason)来确定；而错误，除却事实错误以外，将只由于计算失误而来，要创作或发明这种语言或字母将是困难的，但要学习它，即使不用字典，也是很容易的。”⑧莱布尼茨试图把每一个原始概念与一个素数联系起来，例如以“3”表示“人”以“7”表示“有理性”，那么“21”就表示“有理性的人”。他还试图把三段论化为这样的体系，但是未达到目的。他还研究了逻辑加、逻辑乘、空类等概念。由于莱布尼茨的著作迟迟未出版，因此他对当时逻辑学的直接影响很小，而且他对数理逻辑(虽然他是首先使用这一术语的)的研究仍属一般逻辑的性质。

从莱布尼茨发表的文章和已经整理出来的遗稿来看，莱布尼

茨在建立数理逻辑方面的工作做得很少。在他的逻辑思想中有以下几个基本点：

（1）所有概念可以还原为少数的原始概念，这些原始概念构成“思想的字母表”。

（2）复合概念可以由原始概念通过乘法得出。

（3）原始概念之间是没有矛盾的，可用素数来代表。

（4）任何命题都是谓项性的，也就是说可以还原为一个主项有所述说的命题。

（5）任何真的肯定命题都是分析命题，也就是说，谓项包含在主项之中。

莱布尼茨就是以这五点思想为基础，用初等数学方法建立逻辑演算，但由于他保留了概念、判断的内函的解释，因此运用数学方法时，遇到不少困难，取得的成绩不大，甚至可以说他还没有真正开始替逻辑学建立代数的工作。不过，由于他有这种明确的思想，所以通常都公认他是数理逻辑的创始人。

在莱布尼茨以后，数理逻辑在相当一段时间内无人问津，虽然也有人零星地谈到利用数学的方式来改造逻辑，但都没有超出莱布尼茨所说的范围。比较有成就的是法国数学家，天文学家杰尔哥恩(1771—1859)，他在《论理性的辩证法》一文中表述了一个外延和另一个外延的包含（或排斥）关系的各种形式。此外，还有汉米尔顿(William R. Hamilton,1805—1865)和德·摩根(August De Morgan,1806—1871)两人。

直到19世纪中期，英国数学家布尔(G.Boole,1815—1864)运用了汉米尔顿等人的成就，完全从外延的角度进行数量化处理，才使数理逻辑的建立迈出了一大步。

布尔在1847年出版了《逻辑的数学分析》，此书和德·摩根的《形式逻辑》使数理逻辑获得了初步成果。布尔认为逻辑中最基本的东西是“类”（可用X、Y、Z等代表），而逻辑可以看作

类的演算，如：

$$X+Y=Y+X$$

$$XY=YX$$

$$X(Y+Z)=XY+XZ。$$

布尔把古典逻辑中命题的四种形式写成下面的演算形式：

所有 X 是 Y	$X(1-Y)=0$
所有 X 不是 Y	$XY=0$
有些 X 是 Y	$XY=\vee$
有些 X 不是 Y	$X(1-Y)=\vee$

这里"1"代表"论域"，"0"代表空类（即没有分子的类，相当于集合论中的空集），"$(1-Y)$"代表论域中除去 Y 以后的分子所组成的类，"$\vee$"则是一个包含若干（数目不固定）的分子的类。"$X(1-Y)=0$"表示 X 与 Y 以外的分子所组成的类之间没有共同的部分，也就是说 X 包含在 Y 之中。"$XY=0$"表示 X 和 Y 没有共同部分，就是表示 X 中的分子与 Y 中的分子是完全不同的。"$XY=\vee$"表示 X 与 Y 有共同部分。"$X(1-Y)=\vee$"表示 X 与 Y 以外的分子所组成的类有共同部分。

布尔的方法与莱布尼茨比是将目标适当缩小，只用代数的形式发展了集合代数。布尔的这套方法后来就称为布尔代数或逻辑代数，又因为它在电路网络方面被广泛应用而称为开关代数。

布尔认为他的代数的推导方法完全和数学的推导方法相同，并认为传统逻辑的三段论能够解决的问题，用布尔代数都可以解决。而且传统逻辑的三段论很难解决的问题用布尔代数却可以解决。布尔举过许多例子说明这一点。例如：设有四种性质 a、b、c、d 经实验结果有下列情况：

(1) a、b 同时出现时，c、d 必有一个出现，且只有一个出现；

(2) b、c 同时出现时，a、d 或同时出现，或同时不出现；

(3) 如果 a,b 均不出现，则 c、d 也均不出现；

(4) 如果 c、d 均不出现，则 a、b 也均不出现。

问：如何由 b、c 而决定 a。

对这样的问题，传统逻辑的三段论是束手无策的；而用布尔代数，可以很快地得出答案：当 b 不出现而 c 出现时，则 a 出现；反之，当 a 出现时，b、c 必有一不出现。

可见布尔用代数方式改造逻辑，就扩大了逻辑学的应用领域。布尔代数是数理逻辑的早期形式，布尔也被公认为是数理逻辑的第二个创始人。

但是，布尔代数从理论上来讲，有严重的缺陷，它犯了循环论证的错误。布尔用代数的方式来改造逻辑，而且使用数学的方法来推导。可是数学本身是根据逻辑的规律推导而来，这对数学来说，它是先承认逻辑规律，然后进行数学推导的，没有什么不妥；而对布尔代数来说，它是由数学来推导逻辑，也就变成根据逻辑规律来推导出逻辑规律，犯了循环论证的错误，理论上不能自圆其说。

后来，德国数学家恩斯特·施逻德(Ernst Schröder,1841—1902)发表《逻辑代数讲义》综合了布尔、德·摩根逻辑代数的研究成果，故布尔代数又被称为“布尔——施逻德代数”。

1879 年德国数学家弗雷格出版了《概念文字》一书，才克服了布尔代数的缺点，使数理逻辑初步成为一个科学体系，一个学科分支。

弗雷格采用一些极简单的、极机械的，因而也没有推导性质的规律，以及一些简单明了的公理，从这些公理出发，根据所采用的极机械的规律而推出整个逻辑来，这样也就避免和克服了循环论证的错误。

弗雷格在建立数理逻辑上的另一个更为重要的贡献是引进量词 $\forall x$ 和 $\exists x$。用传统逻辑的全称判断和特称判断远远不能把一切数学推理表达出来，但引进这两个量词以后，全部数学推理都

能运用逻辑形式来表达了。

由于弗雷格的这些功绩，他被推崇为数理逻辑的第三个创始人。不过，弗雷格所用的符号太特别了，以致他的著作当时竟没有人能看懂，至少是当时没有被人注意、宣扬和继承。一直到二十年以后，当罗素独立地达到和他相同的成果时，弗雷格的书才被注意到和被读懂。

在弗雷格稍后，皮尔斯(Charles Sanders Peirce, 1839—1914)，和法国数学家施逻德也都引进和研究了量词。但是他们的研究成果没有弗雷格完善。他们两人和弗雷格的工作合起来是对布尔代数进行了重大的革新。第一，他们明确指出布尔的命题代数实际上是命题函数代数。一个命题（如约翰是人）只包含常量，一个命题函数(如 x 是人)包含着变量。一个命题总是真的或假的，一个命题函数却可以对变量的某些值是真的，而对其他的值是假的。第二，他们明确指出，当研究命题函数代数时，必须添入量词，才能充分发挥其力量。因此他们都公开使用量词，并对量词的性质作了详细的研究。

再后，意大利数学家皮亚诺(Giuseppe Peano,1858—1932)在建立算术公理体系时，实际上比前人更广泛地在数学领域里用符号来阐述命题。他于1894年出版《数学公式》一书，在书中利用前人在命题演算与谓词演算的成果，用以表述数学、推导数学，今天所沿用的记号大体上是由皮亚诺制定的。此外，他又把集合论中的属于(∈)和包含关系(⊂)区分了开来，使数理逻辑的基础部分——逻辑演算趋于完成。

罗素继承皮亚诺的研究，并在每个方面都推进到了完善的地步。罗素将他的成果，实际上也是直到19世纪末的数理逻辑方面的总成果，汇集在他和怀特海(A.N.Whitehead)合著的《数学原理》这一巨著中。这本书的出版，标志着数理逻辑终于成熟为一门崭新的科学了，已经发展到成熟阶段了。

由于罗素独立地完成了与弗雷格相同的工作，所以罗素也可列为数理逻辑的创始人之一，更确切地说是数理逻辑理论体系的完成者。

二、数理逻辑在实现逻辑学的形式化、数学化方面的作用

数理逻辑是把命题的形式结构用公式和符号来表达。把推论中的前提和结论之间的关系转换成为公式与公式之间的演算关系（见表7-5）。数理逻辑是应用数学方法对概念、判断和推理等思维形式进行研究，并对演绎推理实现了形式化和数学化。数理逻辑与传统逻辑的不同处，不在于它们研究的题材的性质，而在于其题材的范围更加宽广和方法的精密，它为推论，证明建立了严格的形式系统和理论。

表 7-5　三段论式的推理的形式化

传统逻辑	数理逻辑
大前提　所有A是B	$(x)\ \ (A_x \to B_x)$
小前提　所有B是C	$(x)\ \ (B_x \to C_x)$
	…………………
结　论　所有A是C	$(x)\ \ (A_x \to C_x)$

从上表中可以看到自然语言的表词都消失了，推理的公式全部形式化，这样形式化的目的，就在于能使推理过程转化为演算过程。

数理逻辑的基础理论——布尔代数和数理逻辑的基础部分——逻辑演算（命题演算和谓词演算）都是使逻辑学(形式逻辑)形式化和数学化。

1. 布尔代数(开关代数、逻辑代数)

布尔仿照数学的方式来发展逻辑，建立了布尔代数，他明确宣称：凡传统逻辑所能处理的问题，用他所发展的代数都能处理；他又用例子表明，的确又有一些问题，用传统逻辑极难处理的，用他发展的代数都很容易地处理了。

布尔代数包括两个部分，一个是集合代数(又名类代数)，一个是命题代数(照布尔原来讨论的内容是命题函数代数)。

一个命题的真与假，一件事情的是与非，一件东西的有与无，一只电灯的亮与灭……等等都表现出事物的运动发展过程中客观存在的一对对矛盾。如果把这种情况数学化就可以用“1”与“0”来代表“真、是、有、亮……”和“假、非、无、灭……”。逻辑代数就是研究以“0”和“1”两个变量为对象的逻辑关系的数学方法。由于布尔代数只有“0”和“1”两个变量，所以在电子线路中很容易实现，在电子计算机中的一般逻辑线路的输入信号的“有”与“无”，线路开关的“接通”与“断开”，电压的“高”与“低”等两种稳定的物理状态也就用“1”和“0”来表示，而逻辑代数的几种运算反映了逻辑线路中元件之间的最基本的关系。

布尔代数和普通代数一样也是用字母来表示未知量和变量，不过布尔代数变量的取值范围只能是“0”或“1”，布尔代数的基本运算有逻辑加法、逻辑乘法和逻辑非三种。

逻辑加法(又称“或”运算)的表达式是：

$$A \vee B = F \qquad (A + B = F)$$

“$\vee$”和“$+$”是表示逻辑加法运算、“或”运算的符号。对任意两个逻辑变量 A、B，其逻辑加法运算规则可用表 7-6 的真值表形式来表示。

这种运算法在电路中的实现就是将两个开关 A、B 并联(如图 7-2)、A、B 的接通状态(灯亮)用“1”表示，断开状态(灯灭)用“0”表示。

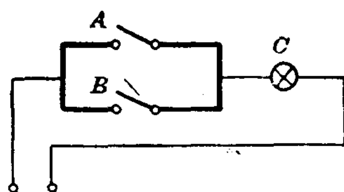


图 7-2 并联开关电路

表 7-6 真值表

A	B	A+B=F
0	0	0+0=0
0	1	0+1=1
1	0	1+0=1
1	1	1+1=1

逻辑加法("或"运算)的结果称为逻辑和，在两个变量中只要有一个是"1"，逻辑和就是"1"。实现这种运算的电路称为"或"门，其逻辑图见图 7-3。

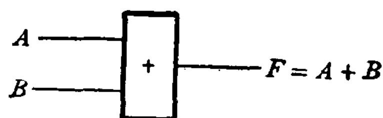


图 7-3 或门逻辑图

"或" 运算有如下基本性质

$A+B=B+A$（加法交换律）

$A+(B+C)=(A+B)+C$（加法结合律）

$A+0=A$

$A+1=1$

$A+A=A$（加法重复律）

逻辑乘法（又称 "与" 运算）的表达式是：

$$A\wedge B=F \qquad (A\cdot B=F;AB=F)$$

"$\wedge$"和"·"是表示逻辑乘法运算、"与" 运算的符号。对任意两个逻辑变量 A、B，其乘法运算规则可用表 7-7 的真值表形式来表示。

表 7-7 真值表

A	B	$AB=C$
0	0	$0\cdot0=0$
0	1	$0\cdot1=0$
1	0	$1\cdot0=0$
1	1	$1\cdot1=1$

这种运算法在电路中的实现是将两个开关 A、B 串联(如图7-4)，只有当 A、B 都处于接通状态（灯亮）时用“1”表示， 否则可用“0”来表示。

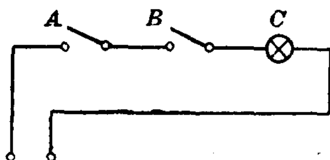


图 7-4 串联开关电路

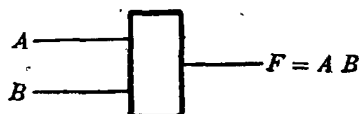


图 7-5 与门逻辑图

逻辑乘法（“与”运算）运算的结果叫逻辑积，逻辑积只有在两个变量都是“1”时才是“1”。实现这种运算的电路称为“与”门，其逻辑图见图 7-5，

“与”运算有如下基本性质

$A\cdot B=B\cdot A$（乘法交换律）

$A\cdot(B\cdot C)=(A\cdot B)\cdot C$（乘法结合律）

$A\cdot 0=0$

$A\cdot 1=1$

$A\cdot A=A$（乘法重复律）

对于“与”运算和“或”运算，普通代数的分配律也是成立的，即有

$A(B+C)=AB+AC$（乘对加的分配律）

$A+BC=(A+B)(A+C)$（加对乘的分配律）

此外，逻辑代数还有下面两个特殊性质：

$$\left.\begin{array}{l}A+AB=A\\A(A+B)=A\end{array}\right\}\text{（吸收律）}$$

逻辑非（又称"非"运算、补运算、逻辑否定）的表达式是：

$$F=\overline{A}$$

"$\overline{A}$"表示对 A 作非运算。其结果为：若 $A=1$，则 $\overline{A}=0$；若 $A=0$，则 $\overline{A}=1$。对任意变量 A 所作"非"运算的规则，可用表 7-8 来表示。

表 7-8　非运算规则

A	$\overline{A}$
0	1
1	0

这种运算在电路中的实现是用一个"单刀双掷"开关，控制两个电灯（如图 7-6）。两灯的状态相反，开关的两个触点，分别记为 A 和 $\overline{A}$。

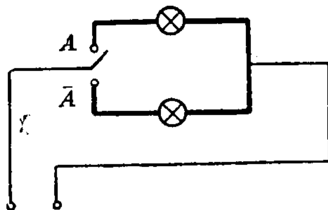


图 7-6　单刀双掷开关电路

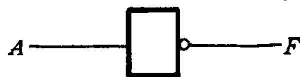


图 7-7　非门逻辑图

对于任意变量 A 的非运算的结果得 $\overline{A}$，实现这种运算的电路称为"非"门，又叫反相器或"反"门，其逻辑图见图 7-7。

“非”运算有以下基本性质：

$$A+\overline{A}=1$$

$$A\cdot\overline{A}=0$$

$$\overline{\overline{A}}=A\text{（双重否定律）}$$

$$\left.\begin{array}{l}\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}\\ \overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}\end{array}\right\}\text{反演律　（德·摩根公式）}$$

$$\left.\begin{array}{l}AB+A\overline{B}=A\\ (A+B)(A+\overline{B})\end{array}\right\}\text{对合律}$$

在电路实现的实际应用中还经常采用复合门电路，如“与非”门、“与或非”门、“或非”门、“异或”门等电路。在集成电路中是大量运用这种复合门电路的。

“与非”门是由“与”门后面加上一级反相器所组成，它的逻辑功能是：只有当全部输入均为高电位时，输出才是低电位；否则输出是高电位。“与非”运算的表达式是：

$$F=\overline{AB}$$

“与非”门的逻辑电路见图 7-8 。

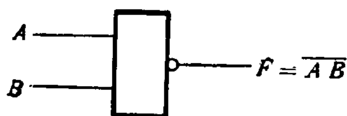


图 7-8　与非门逻辑图

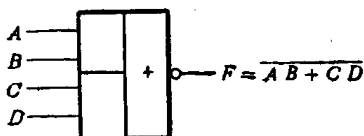


图 7-9　与或非门逻辑图

“与或非”门是实现“与——或——非”逻辑功能的电路，“与或非”门的逻辑功能表达式是：

$$F=\overline{AB+CD}$$

“与或非”门的逻辑图见图 7-9

“或非”门是由“或”门加上一级反相器而组成的，其逻辑功能的表达式是：

$$F=\overline{A+B}$$

“或非”门的逻辑图见图 7-10 。

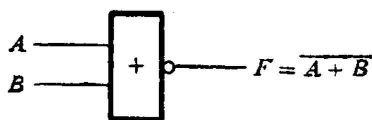


图 7-10 或非门逻辑图

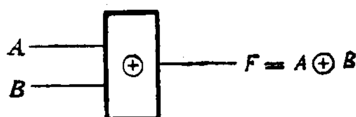


图 7-11 异或门逻辑图

“异或”门是具有模 2 加法功能的电路，它的逻辑功能的表达式是：

$$F=A\oplus B=A\overline{B}+\overline{A}B$$

“异或”门的逻辑图见图 7-11。

布尔代数除了上述运算规则以外，还规定了逻辑函数（亦称布尔函数、开关函数）的一些基本公式及规律，以便进行运算，成为名符其实的一门代数学。

逻辑函数与普通的数学函数一样，不同的是变值仅取 0、1 两个值。

基本公式有

交换律 $A+B=B+A$

$A\cdot B=B\cdot A$

结合律 $A+(B+C)=(A+B)+C$

$A\cdot(B\cdot C)=(A\cdot B)\cdot C$

分配律 $A+BC=(A+B)(A+C)$

$A\cdot(B+C)=A\cdot B+A\cdot C$

0—1律 $\begin{cases} 0+A=A \\ 1+A=1 \end{cases}$

$$\begin{cases} 1 \cdot A = A \\ 0 \cdot A = 0 \end{cases}$$

互补律　$A+\overline{A}=1$

$A \cdot \overline{A}=0$

吸收律　$\begin{cases} A+AB=A \\ A+\overline{A}B=A+B \end{cases}$

$$\begin{cases} A\cdot(A+B)=A \\ A\cdot(\overline{A}+B)=AB \end{cases}$$

重迭律　$A+A=A$

$A \cdot A=A$

反演律　$\overline{(A+B)}=\overline{A}\cdot\overline{B}$

$\overline{(A\cdot B)}=\overline{A}+\overline{B}$

包含律　$AB+\overline{A}C+BC=AB+\overline{A}C$

$(A+B)(\overline{A}+C)(B+C)=(A+B)(\overline{A}+C)$

对合律　$\overline{\overline{A}}=A$

布尔代数有三个规则

(1) 代入规则：任何一个含有变量 x 的等式，如果将所有出现 x 的位置，都代之以一个逻辑函数 F，则此等式依然成立。

(2) 反演规律：当已知一逻辑函数 F 要求 $\overline{F}$ 时，只要将 F 中所有"•"变"+"，"+"变"•"，"0"变"1"，"1"变"0"，原变量变成反变量，反变量变成原变量，即得 $\overline{F}$。

(3)对偶规则；设 F 是一个逻辑函数式，如果将 F 中所有的"•"变为"+"，"+"变为"•"，"1"变为"0"，"0"变为"1"，而变量保持不变；那么就得一个新的逻辑函数式 F'。此 F' 称为 F 的对偶式。如果两个逻辑函数 F 和 G 相等，那么它们各自的对偶式 F' 和 G' 也相等。

根据以上的公式、规则，布尔代数就能完满地用逻辑函数的运算来实现一些逻辑命题的推论工作。

0381S80

这种逻辑函数的运算在电路中也很易实现。

在一般的逻辑线路中，如果当 n 个输入变量 $A_1, A_2, \cdots\cdots, A_n$ 的取值确定以后，它的某一输出变量 Z 的值就唯一地被确定了，这样我们就称 Z 为 $A_1, A_2, \cdots\cdots, A_n$ 的函数，记为

$$Z=f(A_1, A_2, \cdots\cdots A_n)$$

这种逻辑函数关系，通常是由一个逻辑表达式来表示的。这种表达式是将输入变量按照对应关系用“或”、“与”、“非”运算组合而成的。

例如 $Z=AB+\overline{A}\,\overline{B}$ 就是一个逻辑表达式，A、B 与 Z 之间的对应关系可用表 7-9 来表示。

表 7-9 逻辑函数关系

A	B	$Z=AB+\overline{A}\,\overline{B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

这种逻辑函数关系在电路中的实现就是用 A、B 两个“单刀双掷”开关的上点(a,b)和下点(c,d)用电线连接起来，共同控制一个灯（如图 7-12）。这样，当 A、B 同时扳上或同时扳下时（灯亮）用“1”表示；一个扳上、一个扳下时（灯灭）用“0”表示。

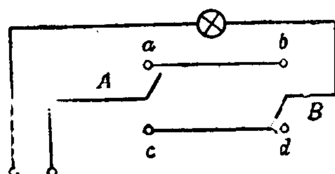


图 7-12 表示逻辑函数关系的电路图

如以逻辑变量 Z 表示灯的亮与灭，则

$$Z=\begin{cases}1 & \text{表示灯亮}\\ 0 & \text{表示灯灭}\end{cases}$$

$$A=\begin{cases}1 & \text{表示开关}A\text{扳上}\\ 0 & \text{表示开关}A\text{扳下}\end{cases}$$

0323180

$$B=\begin{cases} 1 & \text{表示开关}B\text{扳上} \\ 0 & \text{表示开关}B\text{板下} \end{cases}$$

则Z可以表示为：$Z=AB+\overline{AB}$，这就是上面所说的逻辑函数关系。

表达逻辑函数关系的逻辑表达式还须要经过化简的手续，也就是运用逻辑代数的运算法和基本规律进行恒等变换，经过简化既能达到节省文件的目的，又能为寻找实现某一逻辑职能的各种不同线路的途径提供了思路。由于逻辑代数满足重复律和吸收律，所以不出现$2A$和A^2这样的代数式，即逻辑代数化简后的单项式既无系数，也不出现幂因子，只是若干变量或变量的否定的连乘积。

可见，布尔代数既可以用符号来表达语言和思维的逻辑性，又能运用这种形式化、数学化的工具来处理开关电路中日益复杂的逻辑问题。

2. 命题演算和谓词演算

所谓命题是指可以辨别真假的陈述句，相当于传统逻辑中的判断。逻辑学所要讨论的问题就是命题是否正确和命题演算的规则，实际上也就是研究如何通过符号和数学运算使所进行的推理能够准确合理。

命题演算包括五个有机的组成部分。

(1) 命题变项和逻辑常项（各种初始符号）

命题变项以符号“p”、“q”、“r”、“p_1”、“q_1”、“r_1”等代表。

命题逻辑常项就是联结词，数理逻辑就是通过这些联结词而由旧命题造出新命题。又由于新命题的真值完全由旧命题的真值决定，因此这些联结词又叫真值联结词。

真值联结词共有五个：“非”（“非A”记为“$\overline{A}$”，或“$\neg A$”）“且”（又叫“合取”，“A且B”记为“$A\wedge B$”，A和B称为合取项或合取因子），“或”（又叫“析取”，“A或B”记为“$A\vee B$”，

A和B叫做析取项)，"如果……则"(又叫"蕴涵"，"如果A则B"记为"$A\supset B$"或"$A\to B$"，A叫做蕴涵式前件，B叫做蕴涵式后件)，"等价于"("A等价于B"记为"$A\equiv B$"，A和B叫做等价式的两端)。

(2) 定义

一组逻辑语法的定义，用以规定符号与符号之间的交换。

除初始符号以外，可以通过定义引入一些新的符号。新符号的引入能起缩写和简化表达方式的作用。复杂和冗长的公式不便于书写，不能一目了然也不容易掌握其涵义。符号的简化不单纯是语言符号方面的问题，它还有助于思维的进行，有时对于思维的进行甚至是不可缺少的。

新符号的引入也是概念的引入和分析，新引入的符号在某一特定的系统里虽不是初始的，然而它所表达的概念和思想在认识过程中却往往是重要的。

(3) 语法规则

语法规则：包括形成规则和形变规则两种。形成规则是用以决定什么样的语式在此系统内是合乎规定的语式(WFF)，形变规则是用来规定语式与语式之间的变形的。

初始符号可以组成各种符号序列。形成规则规定：哪些符号序列是合式的，哪些是不合适的。解释后有意义的符号序列叫作合式的，解释后没有意义的是不合式的。合式的符号序列经解释后是一句话，称为系统里的合式公式或语句。合式公式又简称公式。在某些系统里，只有一部分合乎形式规则的符号序列是公式、另一部分合式的符号序列经解释后不是一句话，而是一个词项。

变形规则规定：如何从公理和已经推导出的一个或几个公式经过符号变换而推导出另一公式。经过解释变形规则是推理的法则。应用变形规则进行推导可以得到一系列公式，这些公式经过

解释是系统的定理。

(4) 公理

数理逻辑从建立公理出发，而后根据一定的形式规则来推论出结果，所以从数学上说是严密的。

公式有两种：一个系统所要肯定的和不要肯定的。例如重言式就是命题演算所要肯定的。把某些重言式选出，作为推导其他重言式的出发点，这些作为出发点的重言式就是命题演算的公理或初始语句。

(5) 定理

定理是由公理依据形变规则所导出的语式，即在此系统内被证明了的语式。在此系统中定理被一个一个推演出来。

命题的真假叫值或真值，一个命题的真值可以是真，可以是假。经过演算得出命题的真假也就决定了命题是否成立。因为真值函数的自变元只有真假两值，函数值也只有真假两值，因此真假函数的讨论非常简单。

一般说一个复合命题的真假和构成比复合命题的简单命题的真假及其联结词有关。一个复合命题按照规则进行一系列运算后可得出真假的结论，例如$[(p\vee q)\rightarrow r]\rightarrow(p\rightarrow r)$是真的。有些按照一定的联结词组合起来的复合命题，不论其个别命题所处的状况如何，结果都是真的（每种指派都使该复合命题为真）就是永真命题。这种式子叫永真式(它的反面就是永假式)，上述例子就是永真式。我们在表 7-10 中将p、q、r作真假的各种可能的组合用真值表来检验，可以知道它是永真的，[(符号T代表真(true)；F代表假(false)]。

永真式由于它决不会假，因此就可以看作逻辑规律（用真值函数表示的逻辑规律）来使用。永真式有下面 18 种：

表 7-10 真值表

p	q	r	$(p\vee q)\to r$	$p\to r$	$[(p\vee q)\to r]\to(p\to r)$
F	F	F	T	T	T
F	F	T	T	T	T
F	T	F	F	T	T
F	T	T	T	T	T
T	F	F	F	F	T
T	F	T	T	T	T
T	T	F	F	F	T
T	T	T	T	T	T

(1) $P\to P$；$P\equiv P$ （这就是传统逻辑中的“同一律”的表达式）。

(2) $\overline{P\wedge\overline{P}}$ （这就是传统逻辑中的“矛盾律”的表达方式）。

(3) $P\vee\overline{P}$ （这就是传统逻辑中的“排中律”的表达式）。

(4) $P\vee P\equiv P$；$P\wedge P\equiv P$ （这是幂等律，是布尔代数与通常代数的一个不同点）。

(5) $P\equiv\overline{\overline{P}}$ （这是双非定律）。

(6) $p\vee q\equiv q\vee p$，$p\wedge q\equiv q\wedge p$ （这是交换律）。

(7) $(p\vee q)\vee r\equiv p\vee(q\vee r)$；$(p\wedge q)\wedge r\equiv p\wedge(q\wedge r)$ （这是结合律）。

(8) $p\vee(q\wedge r)=(p\vee q)\wedge(p\vee r)$； $p\wedge(q\vee r)=(p\wedge q)\vee(P\wedge r)$（这是分配律）。

(9) $\overline{p\vee q}\equiv\overline{p}\wedge\overline{q}$；$\overline{p\vee q}\equiv\overline{p}\vee\overline{q}$ （这是德摩根[A. de Morgan]定律）。

(10) $p\wedge(p\vee q)=p, p\vee(p\wedge q)=p$ （这是吸收律）。

(11) $p\wedge(\bar{p}\vee q)=p\wedge q, p\vee(\bar{p}\wedge q)=p\vee q$。

(12) $(p\to q)=(\bar{p}\vee q)$。

(13) $(\bar{p}\to q)=(p\vee q)$。

(14) $\overline{p\to q}=(p\wedge\bar{q})$。

(15) $[(p\to q)\wedge(q\to r)]\to(p\to r)$。

(16) $(p\to(p\to q)]\to(p\to q)$。

(17) $[p\to(q\to r)]\to[q\to(p\to r)]$。

(18) $[p\to(q\to r)]\to\{(s\to q)\to[p\to(s\to r)]\}$。

罗素的学生，奥地利哲学家维特根斯坦(Ludwig Wittgenstein, 1889—1951)认为在命题演算中，我们使用二值逻辑，对其中的变元无论用真值代入或用假值代入，都永远得出真值；换句话说，命题演算中的逻辑，因为已经穷尽了一切可能的代入，所以都是永真式。这种观点为许多人所反对，因为穷尽了一切可能的判断，例如说“明天或者下雨或者不下雨”虽然是永真的，但就其内容来说是句废话。罗素不赞成这看法，他认为逻辑真理是“依形式而真的”意思是逻辑规律之所以成立，不依赖于所说的内容，仅凭形式便可断定其为真。因此可以说，如果把逻辑规律中所说的内容换为变元，结果仍然成立，因为逻辑规律是只依形式而真的。但是罗素的说法也有缺陷。因为逻辑常项是具有一定内容的，不能换为变元。

如果不以整个语句作为分析的最小单位，而是进一步深入到语句的内部结构中去，就是谓词演算。

传统逻辑的缺点之一是把语句（判断）都当作主宾式语句看待：“A是B”。数理逻辑则采取更一般的形式，如“AB有关系R”。数理逻辑把语句分成个体(用x、y、z等来表示)和谓词（用A、B、C等来表示)两项。谓词可以有一元、二元乃至多元。一元谓词就是通常所说的谓词或性质，多元谓词便是通常所说的多元关系。

因而语句（判断）可用下列形状来表示：

Rx （个体 x 具有性质 R）

Rxy （个体 x,y 有关系 R）

$Rxyz$ （个体 x,y,z 有关系 R）

再引进量词，就可用下列形状来表示：

设 $A(x)$ 表示"x 不小于 0"，$\exists xA(x)$（有些 x 使得 x 不小于 0）

$\forall y\exists x(x<y-4)$ （任何 y 均有 x 使得 $x<y-4$）

量词后面的 x 叫做复元，$A(x)$ 叫做相应量词的作用域，作用域中的 x 受作用变元的约束。作用变元与作用域中被约束的变元合称约束变元，实际上就是论域。一个语句的真假与约束变元无关。如果作用域 $A(x)$ 中还含有别的变元（与 x 不同），它们不受作用变元的约束，称为自由变元。自由变元在 $\forall x$ 中，而不受作用变元 x 的约束，它对 $\forall x$ 只是参数而已，（参数与约束变元不能同名，如不能同时都以 x 来表示）整个式子的真假与自由变元有关。量词的次序也不能任意颠倒，如果颠倒了，意义就不一样了。

谓词演算中也有永真公式（即谓词演算中的逻辑规律），其中比较主要的有：

(1) $\forall xA(x)\supset A(y)$ 　　 $A(y)\supset\exists xA(x)$

如果一切 x 均使 $A(x)$ 真，则 $A(y)$ 必真；如果 A 对 y 真，则有 x 使 $A(x)$ 真。

(2) $\forall xA(x)\supset\exists xA(x)$

如果一切 x 均使 $A(x)$ 真，则有 x 使 $A(x)$ 真。

(3) $\forall xA(x)\equiv\forall yA(y)$ 　　 $\exists xA(x)\equiv\exists yA(y)$

x 可改写为 y，这是约束元改名的根据。

(4) $\forall xA(x)\equiv\overline{\exists x\overline{A}}(x)$

一切 x 均使 $A(x)$ 真，等价于：没有 x 使 $\overline{A}(x)$ 假。

(5) $\overline{\forall x}A(x)\equiv\exists x\overline{A}(x)$

不是一切 x 均使 $A(x)$ 真，等价于：有 x 使 $A(x)$ 假。

(6) $\forall x\overline{A}(x)\equiv\overline{\exists}xA(x)$

一切 x 均使 $A(x)$假，等价于：没有 x 使 $A(x)$真。

(7) $\overline{\forall}x\overline{A}(x)\equiv\exists xA(x)$

不是一切 x 都使 $A(x)$ 假，等价于：有 x 使 $A(x)$ 真。

(8) $\forall x(A(x)\wedge B(x))\equiv\forall xA(x)\wedge\forall xB(x)$

一切 x 都使 $A(x)$ 与 $B(x)$ 同真，等价于：一切 x 使 $A(x)$ 真，而且一切 x 使 $B(x)$ 真。

(9) $\exists x(A(x)\vee B(x)\equiv\exists xA(x)\vee\exists xA(x)$

有 x 使 $A(x)$ 与 $B(x)$ 有一成立，等价于：有 x 使 $A(x)$ 成立或有 x 使 $B(x)$ 成立。

(10) $\forall xA(x)\vee\forall xB(x)\supset\forall x(A(x)\vee B(x))$

如果一切 x 均使 $A(x)$ 真或一切 x 均使 $B(x)$ 真，则必一切 x 均使 $A(x)$ 或 $B(x)$ 真。

(11) $\exists x(A(x)\wedge B(x))\supset\exists xA(x)\wedge\exists xB(x)$

如果有 x 使得 $A(x)$ 与 $B(x)$ 同真，则必有 x 使 $A(x)$ 真而且有 x 使 $B(x)$ 真。

(12) $\forall x\forall yA(x,y)\equiv\forall y\forall xA(x,y)$

一切 x 对一切 y 均使 $A(x,y)$成立，等价于：一切 y 对一切 x 均使 $A(x,y)$成立。亦即两端都是 $A(x,y)$ 对一切 x，一切 y 成立。

(13) $\exists x\exists yA(x,y)\equiv\exists y\exists xA(x,y)$

有 x 使得有 y 使 $A(x,y)$ 成立，等价于：有 y 使得有 x 使 $A(x,y)$ 成立，亦即两端都是 $A(x,y)$ 至少对一组 x，y 成立。

(14) $\exists x\forall yA(x,y)\supset\forall y\exists xA(x,y)$

如果有 x 使得对一切 y 而言均使 $A(x,y)$ 成立，则任何 y 均有 x 使得 $A(x,y)$成立。

运用数理逻辑中的谓词演算，可以把传统逻辑中的四种判断

$(A、E、I、O)$全部形式化如下：

A（凡S都是P）可表为：$\forall x(S(x)\supset P(x))$（任何$x$，如$S(x)$真则$P(x)$真）。

E（凡S都不是P）可表为：$\forall x(S(x)\supset \overline{P}(x))$（任何$x$，如$(x)$真则$P(x)$假）。

I（有些S是P）可表为：$\exists x(S(x)\wedge P(x))$（有$x$使$s(x)$与$P(x)$并真）。

O（有些S不是P）可表为：$\exists x(s(x)\wedge \overline{P}(x))$（有$x$使$s(x)$真而$P(x)$假）。

数理逻辑同时也使模态逻辑形式化了。

如果以l表示以"逻辑情况"为变域的变元，l_0表示现实情况，P表示对现实情况真(Plo)，$\overline{P}$表示P对现实情况不真$(\overline{Plo})$，那么：

L_P　意指　$\forall l_{P(l)}$　（一切情况均使P真）

M_p　意指　$\exists l_{P(l)}$　（有些情况使P真）

$\overline{M}_p$　意指　$\overline{\exists} l_{P(l)}$　（没有情况使P真）

根据上述情况，与谓词演算的逻辑公式相比，就可以得到一些模态逻辑的公式，例如：

(1) $M_P=\overline{L}_P$ 因有 $\exists lP(l)=\overline{\forall} l\overline{P}(l)$。（可能$P$等于非$P$不是必然）。

(2) $L_P\supset M_P$ 因有 $\exists l_{P(l)}\supset \exists l_{P(l)}$，（如$P$必真则$P$可能）。

(3) $L(p\wedge q)=L_P\wedge L_q$，因有 $\forall l(p(l)\wedge q(l))=\forall l_{P(l)}\wedge \forall l_q(l)$。（$p$且$q$为必然等于$P$必然且$q$必然）。

(4) $M(p\vee q)=M_P\vee M_q$，因有$\exists l(p(l)\vee q(l))=\exists lP(l)\vee \exists l_q(l)$（$p$或$q$为可能等于$p$可能或$q$可能）。

(5) $L_P\vee L_q\supset L(p\vee q)$，因有$\forall l_P(l)\vee \forall l_q(l)\supset Al_P(l)\vee q(l))$。（如$P$必然或$q$必然则$P$或$q$为必然）。

(6) $M(p\wedge q)\supset M_P\wedge M_q$，因有$\exists l(P(l)\wedge q(l))\supset \exists lp(l)$

$\wedge \exists l_q(l)$（如p且q可能则p可能且q可能）。

(7) $L_P \supset P$，因有 $\forall l_P(l) \supset P(l_0)$。（如$P$必然则$P$真）。

(8) $P \supset M_P$，因有 $P(l_0) \supset \exists l_P(l)$。（如$P$真则$P$可能）。

(9) $\overline{M}_P \supset \overline{P}$，因有 $\overline{\exists l_P(l)} \supset \overline{P}(l_0)$。（如$P$不可能则$P$不真）。

数理逻辑与其他逻辑学一样，研究推理过程是个主要部分，而在推理过程免不了要使用"如果…则…"这种语句，这种语句在逻辑学上叫蕴函词，反映事物之间存在着一种蕴函关系。用符号表示是$p \to q$，意思是"如果p则q"，这种蕴函关系，表示P与q等同，从内容意义上来讲也是等同的，所以又称强蕴函。在数理逻辑的发展过程中，还提出一种蕴函关系，叫实质蕴函，用符号来表示是$p \supset q$，意思也是"如果p则q"，但这里只表示p与q等价，即同真假，而不牵涉p与q这两个命题的意义是否相同。

就日常语言中所说的"如果…则…"而言，强蕴函比较合适，实质蕴函在相当多的地方是不符合的。但是实质蕴函在表达数学公式以及作逻辑讨论时都非常优越。罗素在他的《数学原理》一书中充分表达了这一点，也因此引起一部分数学家和逻辑学家的攻击。曾有人要求罗素从"2＋2＝5"这个假命题，用实质蕴函关系推出"罗素和某主教是一个人"的假命题。罗素作出了下列推导作答复："假设2＋2＝5，而我知道2＋2＝4，故得4＝5。两边减1，得3＝4；两边再减1，得2＝3；两边再减1，得1＝2。大家知道罗素和某主教是两个人，因此罗素和某主教是一个人，断言得证。"

在数学中，算术、代数、几何的真理都不是体现在其定理上，而是体现在"如果某某公理真，则某某定理成立"这种蕴函式上。所以，可以存在这种矛盾情况：欧氏几何说，过直线外一点只能作一条直线不与原有的直线相交；非欧几何说，过直线外一

点至少可作两条直线不与原有的直线相交。

三、数理逻辑的方法论意义及其局限性

数理逻辑在一个相当长的时期内是作为一门纯理论的学科而存在和发展的。直到本世纪30年代和40年代才被应用于电路开关设计，到50年代开始成为控制论和计算机科学的基础理论之一。

弗雷格在 1893 年和 1903 年出版的《算术基本规律》两卷巨著里，用数理逻辑作工具论证了算术，建立了科学史上第一个形式的数学符号系统。由于引进了量词，就使数理逻辑的符号系统比较完备，对于数学公式以至自然科学公式都能确切地、经济地表达出来，相当部分的日常语言也能表达，这是亚里士多德逻辑和布尔代数所无法做到的。

数理逻辑达到了这样的水平，在进行符号运算时，只须采取一些简单的机械的准则，就能推导出各种数学推理与数学演算公式，亦即通过数理逻辑可以把非常复杂的逻辑推理和数学演算都归化为几条简单的规则。正是这个发现，使数学家们想到：有可能利用机器代替人脑进行某些思维活动，首先是把人的思考和演算过程分解为一系列的、极大量的简单机械动作，然后利用电子计算机在很短时间内精确地完成计算工作。这种可能制造一种机器来代人们思考、推理的思想，是数学思想上的一次重大革命。没有数理逻辑的发展，数学家和科学家是不会相信有这种可能和锲而不舍地钻研电子数字计算机的创制的。此外电子数字计算机是一个庞大的控制系统，要创造这样的机器就离不开系统论（从整个设计发展而来）和逻辑网络，而这两门科学（尤其是后者）都是离不开数理逻辑的应用的。要使用电子计算机又必须设计程序，而程序设计理论的内容与数理逻辑的内容也是一致的，只是角度不同而已。可见，无论是制造还是使用电子计算机都离不开学习和掌握数理逻辑。

正是运用了数理逻辑的方法，使电子计算机不仅能够进行数值计算，而且能够进行定理证明。

数学的脑力劳动主要是数值计算和定理证明两个部分，计算工作易而繁、工作过程刻板而枯燥，证明工作难而简、工作过程灵活而美妙。计算工作的特点，使得这种工作的机械化容易实现，证明工作由于它的巧和难，不易实现机械化，通常是靠直观、洞察、经验以及其他一些还说不清楚的方法来实现的。70年代以后开始了定理证明机械化的研究，并取得了不少成果，它既能证明人们已经证明过的定理，而且能够证明人们尚未证明的定理。机械证明的方法分两步来实现：第一步是引进坐标，然后把需要证明的定理中的假设与总结部分都用坐标间的代数关系来表示，亦即将几何代数化；第二步是通过代表假设的多项式关系把终结多项式的坐标逐个消去，如果消去的结果为零，即表明定理正确，否则再作进一步检查，这一步完全是代数的，即用多项式的消元法来验证。这两步工作都可以实现机械化。

与计算机科学发展相联系的是数理逻辑还是离散数学的一个主要内容，每一门新兴科学没有不是需要同时从离散和连续两方面去考察从而得到发展的，从离散方面考察时，便离不开数理逻辑，也因此数理逻辑和边缘科学以及许多数学分支（尤其是新兴部门）都具有非常密切的关系。

数理逻辑中的公理化集合论的成果，在公理化方法、形式化方法和模型论方法方面都具有重大的逻辑意义，也就是有重大的方法论意义。

首先，在解决第三次数学危机方面，使用公理化方法和由它发展的形式方法，有可能解决集合论悖论问题，亦即避开悖论而保存集合论的科学成果。

康托尔发现的集合论悖论中，有这样两个互相矛盾的因素：任一集合 S 都可以扩大到更大的集合 $P(S)$（即由 S 的所有子集

合组成的那个集合，即 S 的幂集合），这种集合的扩充是没有限制的、无条件的（我们姑且称这一因素为“于物无不陷也”的锋利的矛）；任一集合 S 含有一个由所有集合所组成的全集 V（我们称这一因素为“物莫能陷也”的坚固的盾）。在数理逻辑的发展中，1908 年出现了两个不同的集合论公理系统，罗素的类型论和查梅罗(Zermelo)的公理系统。查梅罗的公理系统又经过弗朗克尔(Fraenkel)和斯柯伦(Skolen)的改进成为今天著名的 ZF 系统（也叫 ZFS 公理集合论）。后来冯·诺依曼(John Von Neumann, 1903－1957)、贝尔奈斯(Bernays)和哥德尔(Kurt Gödel, 1906－1980)建立了另一种类型的公理系统，称为 GB 系统。ZF 系统和罗素的类型论，都采取了保留那个“于物无不陷也”的矛，对任意的集合都可以无限制地扩充下去，有 S 必有 $P(S)$，但是排除了“物莫能陷也”的盾，其中没有全集 V。因而避开了逻辑矛盾，而且经过这样的形式化处理，康托尔集合论的一切科学成果都可以在其中进行表达。这 ZF 系统到 1930 年才比较完善地建立起来。在 GB 系统中，则是采取相反的方法来避免逻辑矛盾，即保留由一切集合所构成的全集 V，这个 V 称为类，而在类中没有再行幂运算的那个“矛”了。ZF 系统采取了由无穷多条公理形成公理系的办法，GB 系统则是一个有穷的公理系统。

其次形式化方法也是发现定理探求新结果的一个重要手段。1938 年哥德尔证明了 ZF 系统不能推出连续统假设的否定式，1963 年美国数学家科恩(Cohen)证明 ZF 系统不能推出连续统假设。这两条定理都是从形式系统出发，由公理系统的协调性，使用完全性定理（语法与语义的桥梁）过渡到系统的模型，并根据一些特殊的方法，构造出新的模型。这些方法都是数理逻辑的基本方法，使用这些方法可以获得许多新的结果，如近 30 年来解决了一大批数学难题，诸如选择公理的独立性定理，苏斯林假设的相对协调性和独立性定理以及有关选择公理各种弱形式方面的

结果等等。这些结果表明形式化方法、模型论方法特别是科恩创造的力逼法，以及由它所发展的布尔值模型方法都是十分重要的逻辑方法。这些方法从系统的整体特征出发，寻求新结果，它不是研究个别规则的性质，而是研究整体特征、系统的特征，因而具有重要方法论意义。

数理逻辑在探讨思维过程的机械化问题上也有重要的方法论意义。数理逻辑对算法概念进行精确研究的结果表明，有些数学系统是有算法的，可机械化的；而另一些系统则是没有算法的、不可机械化的。这样在逻辑上就可把思维过程分为可机械化（可判定的类）与不可机械化（不可判定的类）这样两大类型。在这两大类中，无论哪一类又都是逻辑论证的有效方法。

在使用电子计算机在一定范围内代替脑力劳动的过程中，研究思想过程的机械化，形式化和判定问题，研究程序语言的语法和语义的过程中创造出算法逻辑这一有力的逻辑工具。

此外，数理逻辑不仅研究通常逻辑的形式化问题，借助于数学方法研究各种逻辑问题，而且研究数学中的逻辑问题，它把数学的语言、推理和计算以及公理化方法、形式化方法和构造模型的方法（构造标准模型和非标准模型）作为自己的研究对象，它不仅描述概念、表达思想，而且还通过它自身的特殊的逻辑技巧和数学技巧寻求新结果。它所获得的新结果对于数学和逻辑学都有重大影响，从而对其它科学也都有影响。

数理逻辑虽然在逻辑学中成功地采用符号体系来代替普通语言，并使逻辑演算成为可能，使形式逻辑、特别是演绎推理部分精确化。但是形式逻辑和数理逻辑都不注意研究发展因素，基本上不关心思维和现实的关系问题，因而数理逻辑不能反映辩证思维的形式和规律。思维中有一些因素和方面，是可以用数量或从数量方面来加以解释的，如数、概念、判断的外延、一般和单一的关系等。因为是量的关系，所以可以成为演算的对象，通过逻

辑演算使数理逻辑明显地优越于传统逻辑、形式逻辑。但是思维的形式根本不能同内容分开，而且概念的内涵是决定外延的因素，外延既不是第一性的，也不可能脱离内涵而独立存在。因此，数理逻辑作为逻辑工具的作用也是有限的，它只在思维活动某些方面、某些范围内，才起作用。凡是涉及思维活动中不可消失的认识论范围，特别是辩证思维活动的领域就无能为力了。辩证逻辑是认识论逻辑，它认为思维和思维对象之间的关系、思维的具体性、对现实的认识是逻辑学研究中具有决定意义的部分。从这个意义上来说数理逻辑所取得的比传统逻辑大得多的成积，就不是逻辑学发展中具有决定性意义的事件。问题是要在数理逻辑的基础上进一步发展，使辩证思维形式化，使辩证逻辑数学化、形式化。

注：

①塔尔斯基：《逻辑与演绎科学方法论导论》商务印书馆1980年版，第15页。

②莫绍揆：《数理逻辑初步》，上海人民出版社(1980)

③转引自杨熙龄：《略论现代逻辑学的发展》，《国外社会科学》1979年12期，第77页。

④同③第76页。

⑤K·Gödel：《The Consistency of the Axiom of choice and of the Generalized Continuum Hypothesis With the Axioms of Set Theory》,1940。

⑥P.J.Cohen：《Proceedings of the National Academy of Science》,50,1963,1143－1148;51,1964,105－110。

⑦霍布斯：《利维坦》第1编第五章。

⑧转引自莫绍揆著《数理逻辑初步》，上海人民出版社，1980年版，第9页。

第四节 辩证逻辑的形式化、数学化问题

一、关于"不协调逻辑"的研究

理性与和谐、协调是一致的，这种观点是古希腊哲学产生以来的一个根深蒂固的观点，人们总是认为协调性（即不矛盾性或无矛盾性）是理性的一个绝对要求。但是事实并非如此，特别是近代自然科学的发展中出现了大量不协调现象，这种现象甚至成为近代科学中（例如生物学、心理学、数理逻辑等）的正常现象，矛盾性（不协调性）与理性、真理性的认识完全是相容的。维特根斯坦说："即使在目前阶段，我也要预言，总会有一天出现包含有矛盾的数学演算研究，人们将会真正感到自豪，因为他们把自己从协调性的束缚中解放出来了。"①

反映这种科学发展的状况，逻辑学就一定要从形式逻辑向辩证逻辑发展，数理逻辑也要进一步向数学化、形式化的辩证逻辑发展。国外有许多逻辑学家正在朝着这个方向探索。罗马尼亚数理逻辑专家杜米特里（Anton Aumitriu）在其所著《逻辑史》的第四卷中专门有一节"对于辩证逻辑形式化的努力"。法国逻辑学家多米凯尼·杜巴（Dominique Dubarle）和安德雷·都兹（Andre Doz）于1972年在巴黎出版了《逻辑和辩证法》一书，书中谈到黑格尔虽然反对把哲学数学化和把逻辑数学化，但是当使用符号于黑格尔所说的"纯理性领域"水平上时，逻辑和数学过程是同一的，发展出黑格尔辩证法的数学模型是可能的。意大利逻辑学家、波伦亚《国际逻辑学评论》杂志总编辑弗朗柯·斯比山尼（Franco Spisani）认为"只有一种自相矛盾的逻辑才不会同它自身相矛盾"。斯比山尼独创一套

符号，符号之间关系表示“同一性的自我分化”，他发展了一套演算，从而得到一些有意义的结论，例如：（一）同一蕴含其自身，亦即蕴含同一，且蕴含“异”；（二）产生“异”的同一，肯定了“异”；(三)蕴含“异”的“异”，蕴含着同一。②此外，在美国、巴西、澳州都有一些逻辑学家在研究“不协调逻辑”，如达考斯塔(N. da Costa)，理查·罗特列(Richard Routley)，瓦雷里·罗特列（Valerie Routley)，罗伯特·K.梅耶(Robert K. Meyer)，格兰·普里斯特(Graham Priest)，尼古拉斯·雷尔(Nicholas Rescher)，罗伯特·布兰登(Robert Brandom)，迈克尔·柯索克(Michael Kosok)，S.K.汤姆逊(S.K.Thomason)，阿兰·安德逊(Alan R. Anderson)和小N.D. 贝尔纳普(Nuel D. Belnap)等人。③

西方逻辑学家关于“不协调逻辑”的研究，主要是对形式逻辑中最主要的一个概念——“协调性”（或“无矛盾性”）问题提出新的见解。例如：(一)关于“辩证”符号逻辑的研究。达考斯塔从60年代以来，一直在设计允许不协调性的“辩证”逻辑系统，初步提出了可以允许不协调性（即矛盾）存在而又不致产生破坏性后果的一类符号逻辑系统。普里斯特提出“悖论逻辑”。(二)关于黑格尔辩证法“形式化”的研究。1966年迈克尔·柯索克发表论文《黑格尔辩证逻辑的形式化》，1973年又发表《自然辩证法》一文都是将黑格尔的辩证逻辑原理实现形式化的尝试。(三)关于苏联和东欧国家的辩证逻辑成果的研究。尽管西方逻辑学家贬低辩证逻辑的研究，但他们也承认用形式演算的严格形态来研究辩证逻辑的原理，“却使事情改观了”（雷歇尔和布兰登的《不协调逻辑》）。

近年来西方逻辑学家关于“不协调逻辑”的看法，归纳起来有以下二点：

(一)传统的哲学、逻辑学认为世界是协调的、不矛盾的，而

人的认识是不协调的、有矛盾的。如雷歇尔、布兰登等人承认黑格尔的矛盾学说是一个主要的历史性见解，它应该得到慎重的评价，过去传统哲学认为认识论方面可以出现矛盾，而在本体论方面不允许产生矛盾是不正确的，“传统哲学对于本体论上的矛盾性加以断然排斥，在事物的系统描述中，决不是必要的，或许倒是需要的。”“自然界的矛盾性决不是什么经验事实，而是恰恰相反。”“对于不协调的世界我们的推理可以是完全协调的……，对于醉酒者精神状态的研究，可以是清醒的，对于不协调性的研究同样也可以是协调的……，对于不协调世界的、协调的研究，不仅是一个可以达到的目的，而且是一个有用的目的。”“通常认为人关于世界的思维可能是不协调的，但世界本身却无论如何必定是协调的，而我们的思维（关于不协调事物的思维）却应该协调。”④

（二）如果在不协调逻辑系统中把矛盾“局部化”，把它们“圈禁”起来，而不使泛滥成灾，如同不让癌肿蔓延开来一样，就能取得协调性。他们认为：矛盾能够分立地出现，但不能合併地实现，自相矛盾必须排除，永远不能有 p 和非 p 的合取。传统逻辑的推理规则是：p 和非 p 可以推出任意的 q，但 p 和非 p 合取，不能作为前提推出 q。不协调逻辑的推理规则是：p 和非 p 可以推出任意的 q，但不允许出现 p 和非 p 的合取。

这种观点是企图用协调的手段来表述不协调的世界，甚至是用不矛盾的形式逻辑来表述流动的、矛盾的客观世界。这种方法本身是不可能实现的。

尽管国外关于“不协调逻辑”的研究存在着种种缺陷，但“不协调逻辑”承认了辩证逻辑的一些因素和部分内容，且为辩证思维、辩证逻辑的形式化、数学化作了一些工作。

二、从二值逻辑到多值逻辑

为了解决数学、逻辑中的悖论问题，逻辑学家着手研究多值逻辑问题。多值逻辑的研究也是实现辩证思维的形式化、数学化的一种尝试。

多值逻辑是逻辑学中以否定亚里士多德逻辑的“非此即彼”的排中律的姿态出现的一派学说。早在14世纪时奥坎的威廉就预料到有出现三值逻辑的可能。黑格尔也发现了三值逻辑。在1896年休•麦考尔也提出了三值逻辑。1921年波兰逻辑学家詹•卢卡西维契在一篇长仅二页的论文中提出了三值逻辑问题，他认为一个命题P可能有三个种“值”，除了“真”、“假”之外，还有一种“可能是真也可能是假”的“值”，叫做第三值。其后不久，美国逻辑学家艾·波斯特也独立地提出了多值逻辑，并把它表述为纯粹“形式化”的多值逻辑系统。艾·波斯特的“多值”已不仅是三值，包括从二值开始的三值、四值、五值……。1930年卢卡西维契和塔尔斯基二人合作提出了另一种多值逻辑。赫·雷亨巴赫则于1932年把多值逻辑扩大为“无穷值逻辑”，亦即任何命题P都可以具有无穷多个“可能值”。

同二值的数理逻辑一样，多值逻辑也是用数学方法研究具有多值的命题间的推理关系的，它是对命题演算的一种数学推广，把命题看作真假之外，在真假之间还有第三值或更多个值。第三值称为“间隙”或“超值”。三值逻辑已经有了有效的算法。无穷值逻辑也有了对应的GUHA方法和ALIOS方法。无穷值逻辑的哲学解释是尚未解决的问题。1933年兹维奇基观察到多值逻辑可以运用到量子物理学上去。近年来，多值逻辑由于在电路（网络）分析，以及量子物理学方面的应用，而得到新的发展。

许多西方逻辑学家探讨从多值逻辑方面来表述辩证逻辑的问

题。F.G. 阿森焦提出用一种三值逻辑来表述辩证逻辑，他把第三值称为“自相矛盾的值”记为“P”，读作“既真又假”。雷谢尔则认为用多值逻辑来表述辩证逻辑在语义学上是不充分的。劳特利也认为多值逻辑不足以表示辩证逻辑。唯一的方法是把辩证逻辑看做二值内涵逻辑。实际上，每种多值逻辑都可以表达成一种二值内涵逻辑。⑤

多值逻辑也是对辩证逻辑形式化、数学化的一种尝试，是适应形式逻辑、数理逻辑已不能从逻辑学角度解决科学发展中出现的新问题这种情况而产生的。如哥德尔的不完整性定理就说明了数理逻辑的适用范围是有限的。

哥德尔的不完整性定理是说，任何一种系统，如能容纳下形式化了的初等数论的所有公式，那么在这一系统中，必然存在着一些定理（或公式），既不能在本系统中得到证明，也不能在本系统中得到反证明。也就是说，任何一种充分丰富的形式化演绎系统，要企图用本系统所包含的方法来证明本系统的一致性是决不可能的。

哥德尔的这个定理指出了在充分宽广的演算中，完整性或完备性的要求同无矛盾性的要求是不能并存的。这样也就打破了罗素和希尔伯特的形而上学梦想，他们本来梦想造成一个无所不包的演绎系统。哥德尔证明了弗莱格表述的谓词演算的完整性，表明命题演算和狭义谓词演算这两个逻辑演算已完全地反映了演绎推理的式形逻辑规律。许多别的逻辑学家也证明了应用这些逻辑规律进行推理是可靠的，不会产生逻辑矛盾。但是这也就是数理逻辑适用范围的限度。只有在数理逻辑的基础上，从二值逻辑进一步扩展到多值逻辑，才能比较接近地反映辩证思维的状况。所以从二值逻辑扩展到多值逻辑也为辩证逻辑的数学化、式形化作出了贡献。

三、制约逻辑为逻辑学的数学化另辟蹊径

我国学者林邦瑾提出的制约逻辑（详见贵州人民出版社1985年出版的《制约逻辑—传统逻辑与现代逻辑的结合》一书），以关系中的充分条件（即制约）关系为研究的核心。所谓制约关系就是刻划清楚后的充分条件关系。制约逻辑的最重要的理论观点是：推理式是现实世界的个体间、类间、个体与类间的一元或多元关系间的条件关系的规律在人们意识中的反映，是人类在认识世界过程中从已知进入未知的初等工具。命题α、β间的制约关系是其原型现实世界的事物A、B间的条件关系在人们意识中的反映，在本质上区别于真值函数关系，因而从根本上说是非数学的。这是事情的一个方面。然而事情还有另一方面。在本质上是非数学的制约关系及其规律可以采用数学方法进行处理，这就象在本质上是非电的物理量（如距离、温度等）可以采用电的方法来测量一样。制约逻辑是试图探索在保持逻辑推导的非数学的本质的条件下采用数学的方法对之进行分析。

传统逻辑从演算技巧上看是陈旧简陋的，然而它要求推理的结论对前提来说是新知，这一指导思想深刻而正确；数理逻辑远离普通逻辑思考实际，但演算技巧严格精密。制约逻辑则坚持传统逻辑的主导思想，采用现代数理逻辑提供的数学方法，堪称传统逻辑的当代发展。

制约逻辑形式化公理系统对于推导式来说包含且只包含具有下述性质的逻辑定理：(一)可独立于前后件的真假确定不会是前真而后假。具有这种性质（一）的逻辑定理称为制约定理。构造非正统的制约系统的另一目标是提供一种必定在有限步内结束的可机械地执行的算法，从满足逻辑性质（一）的制约式定理中区分出具有下述逻辑性质的推理式定理：(二)可在无需确定后件

为真的情况下确定前件为真。逻辑性质(一)、(二)分别称为“第一独立性”、“第二独立性”。“两个独立性”是为在论证中出现的推理式所必具的确保论证不循环的逻辑精髓。

制约逻辑以数学方法分析了辩证逻辑问题，给“辩证矛盾”、“辩证概念”、“辩证命题”等一系列的术语提出了定量清晰的定义，进而实现了辩证命题的形式化。

制约逻辑是传统逻辑与现代逻辑有机地结合的产物——运用现代逻辑提供的严格精密的数学方法，去构造一个能确切地体现传统逻辑的深刻正确的主导思想的非正统的逻辑系统的制约系统。因此，制约逻辑为逻辑学(包括辩证逻辑)的形式化、数学化另辟蹊径。

四、模糊逻辑为辩证逻辑的数学化、形式化开辟了一条道路

模糊与精确本来是相对的。经典数学、传统逻辑和数理逻辑都以研究事物的精确性为其特点，这对简单系统和科学发展的初级阶段是足够的。但对近代科学、对复杂的大系统，特别是对人类辩证思维的发展过程来讲，精确性的数学和逻辑就都不够了，需要研究事物的模糊状态。

所谓精确与模糊，以数学上来讲，就是“量的范围”(概念的范围)或“量的属性”(判断)在是非界限上的清楚与模糊。

在现实生活中，有些判断的是非界限是比较清楚的，有些是比较模糊的。例如死人与活人，本地产品与外地产品的界限是比较清楚的；衣料是深色的与衣料是浅色的，这是年青人与这人年龄不老的界限就比较模糊。当然，即使通常认为界限是比较清楚的事物，也是带有一定程度的模糊性的，例如死人与活人在从生到死的界限上也不是绝对清楚的，所谓本地产品，其中的半成品、零部件往往是其他地区的协作厂制造的。

所谓精确是舍掉了事物的模糊状态而言，例如太阳光经过三棱镜的折射，折成红、橙、黄、绿、青、兰、紫七色，严格的讲，并不是七色，根据用来观察的仪器的精度不同，可以分成许多种颜色，从理论上讲从红色到紫色可分成无穷多种不同的颜色。我们通常讲精确、清晰是指有些事物的模糊程度较小，忽略它的模糊性不影响人们正确地认识这事物的本质；或者当不同的人去观察时容易得到比较一致的看法，如孟子说的"不知子都之姣者无目者也。"所谓模糊的事物，是人们对这些事物还没有认识，或是虽有所认识，而获得的信息还不够丰富。这样事物的模糊性就不可忽视，要把它当作模糊事物来看待。或者这些事物，当不同的人去认识时，不容易得到比较一致的认识，如所谓"情人眼里出西施"，这时的事物也是模糊事物。当然模糊与精确、清晰之间的界线本身也是模糊的。

人类的辩证思维就具有模糊性，而且通过这种模糊性可以更准确地反映认识的客观对象。研究辩证思维的逻辑就不能是以精确性为唯一标准的形式逻辑和数理逻辑。

我们说模糊性是事物本身所固有的，并不是说客观存在的事物有精确与模糊之分，而是从人对事物的认识的角度来讲的。客观存在的事物无所谓精确与否，也无所谓模糊与否。所谓模糊是指人们在认识事物时，由于取得的信息的局限性，或是观察仪器的累计误差达到不可忽视的程度时而产生的。所以模糊性是人的认识所固有的，是从认识论的角度看问题，才说它是事物本身所固有的。例如著名的海森堡测不准关系，就是个典型事例。海森堡测不准关系的数学表达式是：

$$\Delta x\times\Delta px\geqslant h,\ \Delta y\times\Delta py\geqslant h,\ \Delta z\times\Delta pz\geqslant h$$

这个关系式是说，当我们用经典物理量中的动量、座标来观察、认识微观粒子时，粒子在某一方向位置上的不准量和在此方向上的动量的不准量的乘积，必须大于或等于普朗克常数h。也

就是说当我们决定粒子的座标愈准确(Δx愈小)的同时，决定粒子在这座标方向的动量分量的准度就愈差(Δpx 愈大)，反之亦然。因此，本来在经典力学中具有十分明确含义的动量和座标这二个物理概念，当运用到微观世界中去，研究微粒子的运动时，就完全成了模糊概念。

在我们对事物的认识过程中，随着认识的深化，本来认为比较清晰的事物(舍去了模糊性后的抽象)，在实践中，又可能成为比较模糊的事物，然后需要再度达到精确、清晰的认识。这是使认识不断深化的过程。另一方面，任何精确都受环境、时间、地点、条件等客观因素的限制，再加上人的思维活动也不可避免的具有片面性，因而所谓精确都是相对的、历史性的。此外，对于复杂的大系统，人脑决不是先形成许多微分方程和求解，然后作出控制反应，而是凭人在自己大脑中存贮的大量经验来作出控制反应的。这些经验可以通过模糊数学这个工具转译成语言和逻辑关系，然后借助电子计算机进行控制。

模糊逻辑就是对人类的模糊性思维活动和模糊性事物的判断、控制能力的总结。

从数学的精确性特点来讲，是要求绝对的界限分明的，也就是要求概念、判断的是非界限完全分明而且确定。在数学中，集合(命题)就是是非界限完全分明而且确定的，是绝对“分定”了的理想化的形式概念或形式判断。

在数学中，集合A是这么一种概念，它是由全集Ω中的一部分元素构成的，并满足下列三个基本规定：对任何Ω中的元素x，$x\in A$或$x\notin A$，不能$x\in A$又$x\notin A$，这里把Ω分定为两个互不相交的A与$\bar{A}$，所谓A与$\bar{A}$界限分定。$x\in A$总是$x\in A$，$x\in\bar{A}$，总是$x\in\bar{A}$，不能$x\in A$与$x\in\bar{A}$同时成立。

从判断的角度来说，所谓数学中的命题是这么一种判断$P=x\in A$：P或$\bar{P}$至少有一个真，P真总是真，P假总是假，不

能P与$\overline{P}$都真。这实际上也就是要符合形式逻辑的排中律($A\cup\overline{A}=\Omega$，$P\vee\overline{P}=\mathscr{T}$)，同一律($A=A,\overline{A}=\overline{A}$；$P=P,\overline{P}=\overline{P}$)和矛盾律($A\cap\overline{A}=\phi$，$P\wedge\overline{P}=\mathscr{F}$)。

模糊数学也是严格遵守这三条形式逻辑规律的，因为模糊数学中的"模糊集合"是通过它的一个隶属函数来表征的，而这个隶属函数却仍然是一个映射于闭区间[0，1]的普通函数而已。就这个映射于闭区间[0，1]的普通函数而言，它的范围仍然是一个绝对"分定"的集合，是一点也不模糊的。模糊数学的实际对象是模糊的，而模糊数学作为这种实际对象理想化加工的产物是一点也不模糊的。因此把模糊数学应用到实际界限比较模糊的概念中去时，比普通数学能更进一步减少一点相对的误差。

模糊逻辑是一种运用取无穷连续值的模糊集去研究模糊性思维与语言的形式规律的科学。

数学的发展经历了从精确到随机再到模糊的阶段。早期的自然科学、工程技术科学都是撇开事物发展中的偶然性、模糊性，而研究精确的必然的现象的。经典数学的主要特点是精确性，它将力学、热力学、电磁学、气象学的基本规律，一一表示为相应的微分方程式，然后求解。由于经典数学达到的成就非常杰出，一度使人们以为一切自然现象都可以用微分方程来描述。事实当然并非如此，例如在研究气体性质时，由于气体分子不仅数目众多，而且是高速运动，再加上运动中因不断碰撞而改变方向，这么多未知量的微分方程，是无法求解的。实际上也无须这样做，因为我们所关心的只是大量分子运动的总和——如温度、压强等，我们只须刻划这些分子所处的不确定状态即可，可以用统计的方法，分析子样的方法来找出规律，于是就出现了随机数学(主要包括概率论、随机过程理论和数理统计)。随机数学的出现使数学的应用扩张到社会科学的领域。随着计算机科学和人工智能科学的出现和发展，为了综合和处理模糊信息，探索人脑的思维活

动过程中，精确与模糊的对立统一关系而出现了模糊数学，它是1965年由美国的查德(A.L.Zadeh)提出模糊集合的概念而诞生。模糊数学的出现使数学的应用从自然界和社会的领域扩展到思维领域，甚至可以说模糊数学将成为思维科学中的数学工具。而模糊数学的一个重要应用分支——模糊逻辑就是模糊数学与逻辑学的结合。

模糊逻辑是对模糊概念进行判断、推理，也必然要涉及许多界限不分明的规律和规则。模糊逻辑所研究的命题不仅像数理逻辑中那样有真命题、假命题，而且大量是基本上真的命题、相当真的命题、基本上假的命题、半真半假的命题等等。这样，我们运用模糊逻辑来对事件作出判断，推论，就不是绝对的“是”与“非”的二值逻辑；判别一个对象对于某个概念的隶属程度也不是绝对的“1”(100%)，也不是绝对的“0”，而可以介于0与1之间。经过这种逻辑推论，我们可以按照择优原则，挑选隶属程度高的对象，筛去隶属程度低的对象，达到模拟人脑处理复杂与精确的矛盾时所具有的逻辑判别能力。因此模糊逻辑有可能给辩证逻辑一个精确的推理格式，有如数理逻辑之与形式逻辑那样。

模糊逻辑对思维形式、逻辑规律的刻划已从外延深入到内涵，不仅从数量上刻划外延。而且在一定的程度上从数量上刻划内涵。

一个概念的内涵和外延都是可以数量化的。黑格尔在其《逻辑学》中说：“一个较具体对象的大小，在其实有的双重规定里，表现了既是外延的又是内涵的两个方面，对象在一个方面，出现为外在的，在另一个方面，出现为内在的。”⑥马克思在《资本论》中分析剩余价值时，也提到“在分析绝对剩余价值时，首先涉及的是劳动的外延量，而劳动的强度则是假定不变的。现在我们要考察外延量怎样转为内涵量或强度。”⑦

外延量是同类物体的重叠（重复和堆积），内函量是物体内部构成这种物体的别的物体的重叠（包括结构和速度）。以水分

子为例，水分子自身的重叠为外延量，而组成水分子的氧、氢原子的重叠、结构和速度是它的内函量。内函量的总和构成一个统一物体，外延量是这一物体的外部表现和延伸。因此，内函量作为事物质变的内部根据，是与质的规定性密切相关的量，外延量则是与质的规定性并不相关的量。

外延量与内函量是不同的两种量，但它们又是互相转化的。一事物作为一个相对独立体存在时，它的量为外延量，当它与其它事物处于联系中，它的量便构成高层次物体的内函量。一物的外延量一定是另一物的内函量，反过来，一物的内函量同时又一定是组成它的它物的外延量。如蛋白质的重叠是它自身的外延量，同时又是细胞的内函量。内函量反映的是高低层次的关系，是一事物与它事物的关系，因此黑格尔说内函量"是与它的它物一起在连续性中，所以它的规定性在于这种与它物的关系"。⑧外延量反映的只是一事物的规定性，是自身"一与多"的关系，与其他事物没有任何关系。因此，单纯外延量的变化不会引起物体自身的质变。而只有转化为内函量时，才引起它事物的质变。如水分子堆积并不引起水分子自身的质变，而它作为池塘的内函量堆积达到一定限度时，池塘就会变成湖泊。因此要真正刻划事物的运动发展，就要从外延量的研究进一步深入到内函量的研究。

A等于A这个命题在形式逻辑看来是天经、地义、无可非议的，但在辩证逻辑看来，A不仅等于A，而且还可以是非A。恩格斯说："蛋白体的存在方式，首先是在于：蛋白体在每一瞬间既是它自身，同时又是别的东西。"⑨蛋白质仅仅作为蛋白质存在时，它的重叠、堆积是外延量。然而它并不单单是蛋白质。在细胞那里，只不过是总体的部分，这一部分与其他部分没有区别，都是构成总体必不可少的材料。因而蛋白质的外延量经过对蛋白质的否定转化为细胞的内函量。反过来，内函量以同一形式转化为外延量。可见蛋白质的存在是肯定与否定的结合，在对它的肯

定中，包含着否定的必然性，否定也意味着对它的存在的肯定。在客观世界中，不仅蛋白质如此，任何事物也都如此。

数理逻辑主要是从外延方面去刻划概念，是通过事物概念外延的数量化、形式化而达到命题演算、谓词演算能精确地刻划逻辑推理过程。其主要数学工具是集合论。但是撇开了事物概念的内函、质的方面来描述事物的运动在思维中的反映，就不能不是深刻的、甚至是片面的，当现代科学技术要求从整体上去把握具体的、复杂的对象时，离开了事物的质和属性而仅从外延方面来刻划的逻辑学就显现出明显的局限性；尤其是对事物的模糊性一面，仅用外延和经典集合就无法描述、无法刻划。模糊逻辑是运用模糊集合论的数学方法于逻辑学的数学化和形式化。用模糊数学的隶属度（语言变量），隶属函数（模糊逻辑公式）从数量方面刻划事物，已经是从外延转入内函，它不是简单地刻化划分属于这个集合或不属于这个集合，而是刻划属于这个模糊子集的程度，是用一定的量来刻划一定的质，因而能统一地刻划概念的内函和外延，反映形式与内容的统一。也因此我们说模糊逻辑为辩证逻辑的数学化、形式化开辟了一个方向。

当然，模糊逻辑这门科学本身尚处在萌芽状态，（国外1966年开始，国内70年代后期才引进模糊数学，1976年第一次出现介绍模糊数学的文章，模糊逻辑的研究工作开始得还要晚），目前能够加以形式化、数学化处理的也只是一部分能够进行数量化处理的模糊性事物，而且模糊逻辑也仅仅是开拓了一个方向，可以从一个侧面使辩证逻辑形式化、数学化。辩证逻辑的形式化数学问题的解决，除了模糊逻辑的进一步发展以外，还有待于以概率论为工具研究归纳推理的概率逻辑，研究含有模态概念（必然的、可能的、证实的、未决的、允许的、禁止的等等）的命题及推理的演算系统的模态逻辑等各个逻辑学分支以及人工智能科学等许多学科的共同发展才能实现。

注：

①转引自扬煦龄：《“不协调逻辑”小议》，《国外社会科学》1981年7期，第57页

②扬熙龄：《推荐一部世界〈逻辑史〉》，《国外社会科学》1981年9期，第60-61页。

③同①。

④同①，第58-59页。

⑤周昌忠：《西方辨证逻辑研究现状》，《国内哲学动态》1981年7期。

⑥黑格尔：《逻辑学》上卷，商务印书馆1974年版，第238页。

⑦马克思：《资本论》，第1卷，第448页。

⑧同⑥，第235页。

⑨恩格斯：《反杜林论》，人民出版社1970年版，第79页。

第五节 模糊逻辑

一、模糊数学与模糊逻辑的产生

1965年美国控制论专家查德于《信息与控制》杂志上发表了《模糊集合》(Fuzzy Sets)一文，开创和奠定了模糊数学的基础。

数学是一门高度精确、逻辑严谨的科学，但是将精确的数学应用到实际问题中却只能是近似的。研究的对象越是复杂，人们对它作精密而有意义的描述能力将相应地降低，以至于越是精确的模型越是离开所描述的现实。模糊数学正是为了解决经典数学的理想结论应用于实际对象时总有一定误差的问题而产生的。量度是数学的一种基本的活动，量度一般说无法达到十分精确，甚至可以说是模糊不清的。但是模糊也有程度不同的分别，这种不同程度也可以用数量来刻划。除了很早就有涉及误差估计的计算

数学外。在精确数发展到一定的成熟程度，而科学的客观发展又有需要时，就产生模糊数学这一崭新的学科。

模糊性早就受到人们的关注。1923年，澳大利亚的鲁塞尔(B. Russell)在哲学杂志上发表了《论模糊性》(Vagueness)一文，这篇文章的一些成果至今仍被从事模糊推理及模糊逻辑的研究工作者所引用。美国学者勃莱克(Black)也曾在30年代进行过模糊哲学的研究。但早期研究模糊现象的学者都是注重如何消除模糊性的问题。1958年梅尔勃格(Mehlberg)分析了固有模糊性的存在及其对科学证明、科学推理等方面的中介理论的影响。1963年开始的所谓"Popper-Carnep"之争已经是一个深入广泛得多的对话了，然而只有1965年查德提出的模糊集合论，由于它是用系统工程中固有的模糊概念进行推理的工具，而这种工具有希望用来建立人类语言推理的模型，所以才算得上开创了模糊数学和模糊逻辑的工作。

产生模糊数学和模糊逻辑的历史背景是近代自然科学发展的趋向，和电子计算机的进一步发展要使机器具有在不确定的环境中选择最优的动作，而需要相应的数学手段来达到这一目标。

电子计算机从40年代产生以来，发展十分迅速，从计算机器发展到简单的机械手，再发展到具有人工智能的机器人。虽然电子计算机已具有每秒上亿次的运算速度和内存庞大达一兆以上的功能，但是总的来说它还是太笨，例如它对事物的识别判断能力甚至不如小孩，人们发现，要让电脑模拟人脑的思维单靠提高计算机的运算能力与贮存能力是有局限性的。必须解决复杂对象的模糊性与数学逻辑工具的精确性的矛盾，要使电子计算机能够模拟人的智能也需要新的逻辑工具来构通人与机器，以使电子计算机能像人的思维活动那样准确地按一定的目的进行控制和反馈；要吸取人脑对复杂系统能进行识别和判决的特点，把它移植于机器，使电子计算机能执行诸如自动驾驶、机器诊断、图象识别等

职能。因此，如同阿伊捷尔门(Aizerman)所说的那样，这涉及一门数学，一门必须建立在不同公理体系和不同推理规则上的数学，一门不同于经典数学的概念上的数学。模糊数学的建立就是符合这种要求的一种尝试。

模糊集概念的引入并不是偶然的，近代数学是以集合论作为基础建立起来的，如代数系统是在集合上定义了满足一定规律的运算而构成的，拓补空间是在集合上定义了满足一定规律的开集族而构成的，概率空间是在集合的σ一体上定义了概率测度而构成的等等。但是集合论的成就尽管很大，它刻划、表述现实世界的能力仍然是很小的。因为随着科学技术的发展，越来越明显地看到：科学研究的深化要求研究工作数学化、定量化；但是科学研究的深化意味着对象的复杂化，而复杂化的东西又难于精确化(上述计算机科学发展中存在的问题是复杂性与精确性矛盾的焦点)，甚至可以发现一条不相容原理（查德称之为互克性原理①）：当一个系统的复杂性增大时，我们使它精确化的能力将减小，在达到一定阈值以上时，复杂性与精确性将互相排斥。这是因为一方面复杂性意味着因素繁多，从而人们只能在简化、压缩后的低维因素空间上观察，这样就使本来是精确的概念变模糊。另一方面，复杂性意味着深度的延拓，一个过程往往要成百上千个微分方程，模糊性（微分方程求解达到的近似过程中的误差）的渐次积累也使得模糊性问题不能忽视。事实上，有些概念本质上就带有模糊性，例如在通讯中，接收端要处理的不是单纯的发送信号，而是不同程度地附加了各种噪声的发送信号，是一种模糊性事物。查德正是考虑了数学概念如何在人脑中抽象出来的，而认为经典数学中的普通集合论是抛掉了事物的模糊性而抽象出来的，并因而将人的思维绝对化了；反过来要更精确地描述人的思维过程，就应该考虑被精确数学在抽象过程中抛弃掉的模糊性，就要求运用模糊集合。人的思维除了具有严密的逻辑推理能力以外，还同时

具有灵活地处理模糊性对象的能力，而且后者还是大量的、主要的，正是有了这种能力，人们才能正确地进行概括、抽象、直觉和创造，因此运用模糊集合才能更精确地反映人的真实思维活动和人们日常使用的自然语言。

没有明确外延的概念叫模糊概念，含有模糊概念的语言叫模糊语言，由模糊语言所描述的现象叫模糊现象。人们在认识过程中，对客观事物所形成的概念，多数是模糊概念，人类日常生活中所使用的自然语言，由于使用的概念、判断多数是模糊的，所以自然语言多数是模糊语言。如“这本书很贵”、“小王很年青”、“老李是个大胡子”这些语句中，“很贵”、“很年青”、“大胡子”都是模糊概念。在自然界阴天与晴天并无严格的界限，人的高矮肥瘦、走路姿势都是千差万别的。人类加工的成品，例如一批圆珠笔，决不会每枝都完全一样。同种文字的笔迹，不但不同的人不一样，甚至同一个人所书写的，也互有差别。所有这些都是模糊现象，模糊语言正是这些模糊现象在人们思维中的反映。要电子计算机正确识别和处理模糊现象，就要使电子计算机能正确识别，处理模糊语言并进行模糊控制；因此必须建立模糊数学，并在这种数学思想的基础上创建模糊逻辑和模糊形式语言、模糊文法。

模糊数学的基础是模糊集合论，由于模糊数学使经典集合扩展到模糊集合，研究领域从两点{0, 1}扩展到从零到一的整个区间[0, 1]，不仅包括这个区间的任何数，而且包括这个区间的模糊数（如近似0.7），运算的数式从布尔代数扩展到软代数，这就使人们可以研究大量的模糊现象。经典集合和经典逻辑（数理逻辑）只能反映二值逻辑，非此即彼，命题不是真就是假；运用模糊数学就可以在二值逻辑的基础上转到多值逻辑，在连续值逻辑的基础上，把绝对的“是”、“非”变成更加灵活、更加符合现实情况的“真、假、很真、非常真、十分真、不很真、不很真也

不很假……"等情况，能在适当的限阈上去相对地划分"是"与"非"，这样就会给各门科学，特别是原来被认为是数学禁区的人文科学和社会科学提供了新的语言和工具，以及使电子计算机能仿效人脑对复杂系统进行识别和判决，提高自动化水平。正因为如此，作为模糊数学的一个重要应用分支——模糊逻辑就应运而生。

模糊数学提出隶属度与隶属函数的概念，对某一集合具有不同的隶属度的所有元素就构成一个模糊子集，通过隶属函数与模糊子集把糊模性加以数量化、形式化，并用现有的某些数学与逻辑工具进行处理，就能用来描述与处理模糊性的对象的推理和归纳了。

1981年查德为我国《模糊数学》杂志创刊而写的前言中谈到模糊数学对数学基础的拓广有两种方法，其中"另一种方法——它最终可能导致同传统方法的根本背离——是在逻辑学中引进模糊概念，结果得到所谓模糊逻辑学，或者用最新名称，叫做超模糊逻辑学。在这类逻辑学中，证明定理的概念已经模糊化，推理过程是近似而非精确的。于是获得定理将不再是数学的主要目的（而这在过去是如此，目前也仍然如此）。相反，数学的目的成了做出一具有高度真理性，但不一定是普遍的或无所不包的真理结论。就这一点而言，建立在模糊逻辑基础上的模糊数学尚处于初创时期。然而，它终将成为研究软科学所必要的一门数学。"②

模糊逻辑的产生和发展的历史还很短。最初，由于数学与逻辑的内在联系和应用研究，1966年马利诺(P.N.Marinos)发表关于模糊逻辑的内部研究报告，接着查德提出了模糊语言变量和似然推理的研究。1969年戈冈(J.A.Goguen)研究了不确切的概念，从此模糊逻辑便作为模糊数学的一个分支而与模糊语言、模糊算法一起产生和发展起来。1978年查德又发表《以模糊集合作为可能性理论的基础》③一文，论述了自然语言中的模糊性是可能性

的，而不是概率的，因而可借用可能性分布的计算程序，对自然语言中的命题进行计算机程序编译。

模糊逻辑无论从数学角度还是从逻辑学角度来说都是很不成熟的，但它在实际应用中已经发挥作用，可以看得出是有生命力的。而一个理论在初步提出后，可以一面应用，一面继续研究，从而逐步完善起来。在数学史上，微积分在初创时期也是很不完善的，有些符号用现在的眼光来看也是不科学的，但它仍被工程技术界有效地使用着，差不多经历了近二百年的不懈的势力，微积分才形成一个比较严密的科学体系。

二、模糊逻辑的主要内容

1. 模糊逻辑所运用的模糊数学的基本思想

模糊逻辑是一种运用取无穷连续值的模糊集去研究模糊性思维与语言的形式与规律的科学。模糊逻辑引进“模糊逻辑变量”、“模糊语言变量”、“模糊逻辑函数(或称模糊逻辑公式)”等基本模糊逻辑概念。将模糊逻辑公式化为标准型加以化简（公式的极小化），就可用来探求最优的开关线路。再加上引入“修正系数”的装置，就可能用模糊逻辑元件构成相应的模糊开关线路和机器。模糊逻辑把数理逻辑只取{0，1}二值的普通集合概念，推广到[0，1]区间上能取全部连续的实数值的模糊集合概念。这样一个元素并不是要么属于这个集合，要么就不属于这个集合，而是看它多大程度上属于这个集合，也就是用隶属度与隶属函数来刻划模糊性。

从X到$[0,1]$上的映射μ，称为一个模糊集，记作$\underset{\sim}{A}$。$\underset{\sim}{A}$对应的映射记作$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$。$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$称为隶属函数(membership function)或隶属程度(degree of membership)。$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$反映了$x$隶属

于 $\underset{\sim}{A}$ 的程度

例如人的年龄。

$$X=\{n;n\leqslant 100\} \quad \underset{\sim}{A}=\text{"年老"} \quad \underset{\sim}{B}=\text{"年青"}$$

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)=\begin{cases} 0, & 0<x\leqslant 50 \\ \left[1+\left(\frac{x-50}{5}\right)^{-2}\right]^{-1}, & x>50 \end{cases}$$

$$\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)=\begin{cases} 1, & x\leqslant 25 \\ \left[1+\left(\frac{x-25}{5}\right)^{2}\right]^{-1}, & x>25 \end{cases}$$

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(60)=0.8$$

（即60岁对年老的隶属度是0.8）

$$\mu_{\underset{\sim}{B}}(60)=0.02$$

（即60岁对年青的隶属度是0.02）

$\mu_{\underset{\sim}{B}}(30)=0.5$，这样，可

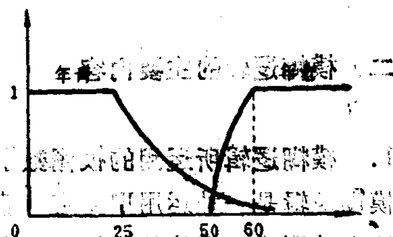


图 7-13 隶属于年青的程度的递降图

定义青年是隶属"年青"的程度不低于0.5，亦即30岁以下是青年，青年的集合 $A=\{x;x\leqslant 30\}$。（见图7-13）

又如"年青"的真假值，y(young)的值在图7-14中有5条曲线

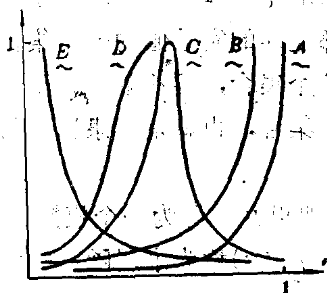


图 7-14 年青的隶属度真假情况

$$X=\{x_1,x_2,x_3,x_4,x_5\}，x_i \text{ 表示人}$$
$$L=[0,1]^{[0,1]}=\{\mu;\mu_i[0,1]\to[0,1]\}$$

$\underset{\sim}{A}$ 是很真(very true)

$\underset{\sim}{B}$ 是比较真(true)

$\underset{\sim}{C}$ 是不真不假，介于两者之间(borderline)

$\underset{\sim}{D}$ 是不假(not false)

$\underset{\sim}{E}$ 是假的(false)

如果 $\mu_{\underset{\sim}{y}}(x_1)=\underset{\sim}{A}$ 就表示 x_1 这人对年青的隶属度是很真的，x_1 是年青人。"x ① 是年青的"这命题是很真的。

$\mu_{\underset{\sim}{y}}(x_5)=\underset{\sim}{E}$ 就表示 x_5 这人对年青的隶属度是假的。"x_5 是年青人"这命题是假的。

这样就可以用模糊集的概念来解释普通命题的真假。

逻辑学要讨论命题是否正确和命题演算的规则。数理逻辑的命题是可以辨别真假的陈述句，如今天是1982年4月18日。模糊逻辑的命题是含有模糊性的陈述句，如今天是个好天气。数理逻辑的推理是必然的，模糊逻辑的推理是似然的(if…then…)。所以模糊逻辑有以下五个特点：(1)其真值本身是模糊性的；(2)其真值可以由它定义的方法生成；(3)所用的语言真值可由语义规则给出定义；(4)是一种局限性的逻辑，真值可变；(5)推理规则是似然的。

模糊逻辑的主要内容有两个方面：一是模糊推理格式及其合理性、准确性；二是模糊逻辑函数及其运算。目前的研究成果是前者较少、后者较多。

2. 模糊逻辑推理

模糊逻辑是二值逻辑、多值逻辑的推广。设 U 是一个普通集合，称为论域。以年龄为例，$U=[0,100]$。$\mathscr{F}(U)$ 是 U 上的全体模糊集。对于任意 $A(u)\in\mathscr{F}(U)$，称 A_u 为模糊语句，例如"a

是A"（炉温相当高）这模糊语句就是由两个模糊子集组成的判断，是对事物有无某种属性的反映。N是变量名称(如人的年龄、冷热、数的大小等)。X是N语言值x的集合(以年龄为例，就是年青、年老、不太年青等)，其中每个x是和论域U相联系的模糊集合。G是语法规则，由原始词、否定词、联结词、程度副词等通过一定的方式组成词组。M是语义规则，即根据M给出模糊集合x的隶属函数。在前述$A(u)\in\mathscr{F}(u)$的情况下$x=A(u)$就表示u的隶属程度。由于$\mathscr{F}(U)$是软代数，就可根据软代数的性质进行语句变形。并根据语句构成判断。直言判断："a是A"用A的隶属函数$A(u)$表示。

假言判断：设$A(u)$，$B(v)$分别为UV的上模糊语句，则"$A\to B$"表示$U\to V$上的模糊关系，它有不同的定义方式。如：

$$A\to B=A\times B$$

$$A\to B=(A\times B)\cup(\overline{A}\times V)$$

等：其中$(A\times B)(u,v)=A(u)\wedge B(v)$

有了判断就可以进一步获得模糊推理格式。

(1) 模糊演绎推理

(a) 模糊肯定式

大前提　如M则P

小前提　S是M_1

结　论　S是P_1

其中M_1和M是同一论域上的模糊子集，大前提是一个模糊条件句，可看作一个模糊关系，在M与P的论集是离散集时，这模糊关系可用矩阵表示，M_1可以写成一个行向量，结论写成$M\circ(M\to P)$($\circ$是矩阵的最大最小乘法)。

模糊情况与正常情况的不同点从下面的例子中可以看出：

正常情况	模糊情况
p	$\underset{\sim}{p}_1$
$p\rightarrow q$	$\underset{\sim}{p}_2\rightarrow\underset{\sim}{q}_2$
q	$\underset{\sim}{q}_3$

在模糊情况下 $\underset{\sim}{p}_1$、$\underset{\sim}{p}_2$、$\underset{\sim}{q}_3$ 可以都是模糊子集，而且 $\underset{\sim}{p}_1$ 与 $\underset{\sim}{p}_2$ 不必相同。这种推理看起来好象不正常，但在日常的自然语言中却经常使用这种推理格式得出正确的结论来。

例如：

$\underset{\sim}{p}_1$： x 是小的

$\underset{\sim}{p}_2\rightarrow\underset{\sim}{q}_2$：$x$ 与 y 近似相等

$\underset{\sim}{q}_3$： y 多少有些小

(b) 模糊条件语句

"若 $\underset{\sim}{p}$ 则 $\underset{\sim}{q}$，否则 $\underset{\sim}{r}$" $(\underset{\sim}{p}\wedge\underset{\sim}{q})\vee(\underset{\sim}{p}\wedge\underset{\sim}{r})$

$A_1(x)$： $\underset{\sim}{s}$

$A_2(xy)$：若 $\underset{\sim}{p}$ 则 $\underset{\sim}{q}$，否则 $\underset{\sim}{r}$

$A_3(xy)$：$\underset{\sim}{s}\circ[(\underset{\sim}{p}\wedge\underset{\sim}{q})\vee(\underset{\sim}{\bar{p}}\wedge\underset{\sim}{r})]$

(c) 模糊否定式

$\underset{\sim}{\bar{q}}_2$

$\underset{\sim}{p}_2\rightarrow\underset{\sim}{q}_2$

$\overline{\underset{\sim}{p}}_3$

(2) 模糊归纳推理

A_1 是 $\underset{\sim}{M}_1$

A_2 是 $\underset{\sim}{M}_2$

……………

A_n 是 $\underset{\sim}{M}_n$

结论：如 $A=\bigcup_{i=1}^{n}A_i$ 则 A 是 $\underset{\sim}{M}$

其中 $\underset{\sim}{M}_1$、$\underset{\sim}{M}_2\cdots\underset{\sim}{M}_n$，$M$ 为互有联系的模糊概念。

3. 模糊逻辑函数

上述各种模糊逻辑的推理格式。都要对模糊变量按照一定的规则进行运算。对模糊变量施行某些辑逻运算所得的结果，称为逻辑函数。严格地说，模糊逻辑函数可递归地定义如下：

(1) 模糊变量是模糊逻辑函数。

(2) 模糊逻辑函数的逻辑积是模糊逻辑函数。

(3) 模糊逻辑函数的逻辑和是模糊逻辑函数。

(4) 模糊逻辑函数的逻辑反是模糊逻辑函数。

例如，设 x,y 是模糊变量，则

$$f(x,y,z)=x\wedge\bar{y}\wedge z\vee x\wedge\bar{y}\wedge z\wedge z\vee\bar{x}\wedge y\wedge\bar{y}$$

$$\phi(x,y,z)=x\wedge\bar{x}\vee x\wedge\bar{y}\vee x\wedge y$$

都是模糊逻辑函数。

模糊逻辑函数可导出的基本公式与本章第三节所述数理逻辑的公式基本相同，不同的是德·摩根定理的证明方法和互补律不成立。在模糊逻辑函数的运算中，

$$x\wedge\bar{x}=\max(x,(1-x))$$

$$x\wedge\bar{x}=\min(x,(1-x))$$

所以互补律不成立。这种状况在数学方法上是个缺陷，因为化简很困难，在逻辑上也不理想，例如胖子和不胖的人不能包括所有的人。也有人在设法定义新的互补律，使互补律在模糊逻辑函数的运算中也能成立，但那样一来，“并”“交”也都要重新定义了。

模糊逻辑函数在运算中，还要通过分解与合成达到适当的简化，以便运算和使用电子计算机。

人按其工作态度可以分成无限个等级，但实际上只要分成少数几个（例如先进、中等、后进三级）即可。亦即通常是把模糊逻辑函数简化成多值逻辑函数，办法是在区间[0,1]上把模糊函数分成有限个级别。例如

$$\begin{array}{ll} \text{第 1 级} & a_1 \leqslant x \leqslant 1 \\ \text{第 2 级} & a_2 \leqslant x \leqslant a_1 \\ \vdots & \vdots \\ \text{第 } n \text{ 级} & 0 \leqslant x \leqslant a_{n-1} \end{array}$$

这里，$1>a_1>a_2>\cdots\cdots>a_{n-1}>0$

对于各个不同的级也可以赋予适当的意义，例如上述对人的工作态度可看作 $n=3$，这时 x(先进)在第 1 级可表示属于先进集合，x 若在第 3 级，则表示不属于该集合，x 在第 2 级时，表示处于爱昧状态。

这种适当划分等级的办法就是对模糊逻辑函数进行分解。在数学的角度来看，就是已知模糊逻辑函数，而要求在某个范围的整体变量中，各个元的变量范围。反过来，已知 x,y,z 变元的变化范围（值），求出适合这个变化范围的模糊逻辑函数，就是合成。

逻辑函数的分解与合成的主要目的是实现逻辑电路。例如取得电路信号 x,y,z 时，肯定一个变化范围，而后要求该电路输出某信号。数理逻辑的电路是{0,1}，所以无法实现；运用模糊逻辑，运用模糊逻辑函数的合成，就使输出的信号在一个范围内变化，实现了电路的要求。

4. 模糊逻辑公式

模糊逻辑公式是指按一定条件构成的 n 次函数的映射，是模糊函数的一般化，

$$F=[0,1]^n \to [0,1] \quad y=f(x_1、x_2,\cdots,x_n)$$

在数理逻辑中只有两个量：$y=x_1 \vee x_2$。在模糊逻辑 x_1x_2 可取 0 到 1 区间的任何数，但 f 只能由 $\vee, \wedge, c$ 构成，例如不可能有平方等。

由以下四条规则可形成模糊逻辑公式：

(1) $F=0$，$F=1$ 是模糊逻辑公式

(2) $F=x_i$

(3) F为模糊逻辑公式，它的补(F^c)也是模糊逻辑公式

(4) F_1,F_2为模糊逻辑公式，则$F_1\vee F_2$和$F_1\wedge F_2$都是模糊逻辑公式。

在模糊逻辑公式中，真值恒等于1的是恒等公式，真值恒等于0的是矛盾公式。

$$F=x_1\vee x_1^c\geqslant\frac{1}{2}$$

$$F=x_1\wedge x_1^c\leqslant\frac{1}{2}$$

在模糊逻辑公式中。如果恒有：$F\geqslant\frac{1}{2}$就称为模糊正确或模糊不矛盾，如果恒有：$F\leqslant 1/2$，就称为模糊不正确或模糊矛盾。

如 $F(x)=(x_1\vee x_1^c)\wedge(x_2\vee x_2^c)$ 是模糊正确

$F(x)=(x_1\wedge x_1^c)\vee(x_2\wedge x_2^c)$ 是模糊矛盾

模糊逻辑公式F是模糊正确$\Longleftrightarrow F$在双值逻辑中恒真。模糊逻辑公式F是模糊矛盾$\Leftrightarrow F$在双值逻辑中恒假。

模糊逻辑公式有两种类型：

(1) 析取型(ONF)

$$F=\bigvee_{k=1}^{P}\Phi_k=\bigvee_{k=1}^{P}\bigwedge_{j=1}^{v_k}L_j\cdot \quad (\Phi_k\text{是片语})$$

$$(L_{kj}=x_i,x_i^c)$$

(2) 合取型(CNF)

$$F=\bigwedge_{k=1}^{q}C_k=\bigwedge_{k=1}^{q}\bigvee_{j=1}^{S_k}L_{kj} \quad (C_k\text{是子句})$$

$$(L_kj=x_i,x_i^c)$$

模糊逻辑函数在不带否定项($\bar{x}$等)时，可以给出它的加法标准形和乘法标准型。

加法标准型：

$$f(x_1, x_2, x_3) = (x_2 \wedge x_3) \vee (x_1 \wedge x_3) \vee (x_1 \wedge x_2) \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3)$$
$$= (x_1 \wedge x_2) \vee (x_2 \wedge x_3) \vee (x_3 \wedge x_1)$$

乘法标准型：

$$f(x_1, x_2, x_3) = (x_1 \vee x_2 \vee x_3) \wedge (x_1 \vee x_2) \wedge (x_1 \vee x_3) \wedge (x_2 \vee x_3)$$
$$= (x_1 \vee x_2) \wedge (x_2 \vee x_3) \wedge (x_3 \vee x_1)。$$

5. 近似推理

运用上述模糊逻辑公式和模糊逻辑函数的运算法则。我们就可以对一些模糊现象、关系进行近似推理。

例如在几何中三角形的大角对大边的定理可这样推出：X表示角，Y表示边。

$X=[0,180°], Y=[0,+\infty], X$、$Y$为两个领域$\widetilde{\mathscr{F}}_1$、$\widetilde{\mathscr{F}}_2$。

$\underset{\sim}{A} \in \widetilde{\mathscr{F}}_1$ $\underset{\sim}{B} \in \widetilde{\mathscr{F}}_2$，$\underset{\sim}{A} \times \underset{\sim}{B} = \int_{XY} \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \mu_{\underset{\sim}{B}}(x)/xy$

$$令\ \underset{\sim}{D} = \left\{ \bigcup_{k=1}^{n} (\underset{\sim}{A}_k \vee \underset{\sim}{B}_k) \mid \underset{\sim}{A}_k \in \widetilde{\mathscr{F}}, \underset{\sim}{B}_k \in \widetilde{\mathscr{F}}_2 \right\}$$

再举一个例（如图 7-15）来说明模糊逻辑进行近似推理的过程。

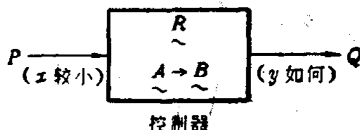


图 7-15 模糊逻辑推理示意图

例：若x小，则y大。已知x较小，问y怎样？

设论域 $X=Y=\{1、2、3、4、5\}$

$x \in X, y \in Y$

[小]$=1/1+0.5/2$

[较小]$=1/1+0.4/2+0.2/3$

[大]=0.5/4,1/5。

[若 x 小则 y 大]$(x,y)\triangleq$([小]$(x)\wedge$[大]$(y)\vee$[1-[小](x)]

由此式计算 $\underset{\sim}{R}$ $\underset{\sim}{A}\to\underset{\sim}{B}$

设取 $x=2$ $y=1$

$$r_{21}(0.5\wedge 0)\vee(1-0.5)=0.5$$

写出 $\underset{\sim}{R}=(r_{ij})5\times 5$

R $A\to B$	Y: 1	2	3	4	5
X: 1	0	0	0	0.5	1
2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1

$\underset{\sim}{Q}=\underset{\sim}{P}\circ\underset{\sim}{R}$ 把 P 改为模糊向量的形式

$$\underset{\sim}{P}=(1,0.4,0.2,0,0)$$

$$\underset{\sim}{Q}=(1,0.4,0.2,0,0)\begin{pmatrix}0 & 0 & 0 & 0.5 & 1\\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5\\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1\end{pmatrix}$$

$=(0.4,0.4,0.4,0.5,1)$

即 $Q=0.4/1+0.4/2+0.4/3+0.5/4+1/5$

亦即所求答案 y 是“多少有点大”。

在浅居喜代治、田中英夫、奥田徹示、C.V.尼古塔,D.A.拉莱斯库合著的《模糊系统理论入门》一书中还举了这样一个近似推理的例子。

若考虑两个命题 P：“东京——大阪间远”，q：“东京——洛

杉矶间非常远”。如果

$$T(p)=\text{true}(\text{真})$$

$$T(q)=\text{very true}(\text{很真})$$

则有

$$T(p\wedge q)=\text{“true”}\wedge\text{“very true”}$$

$$T(p\vee q)=\text{“true”}\vee\text{“very true”}$$

如果把推理模型再扩张一点，则有：

A_1: x 是 A

A_2: x 和 y 是 B

A_3: y 是 $A\circ B$

这里 A 是模糊集合，B 是模糊关系，$A\circ B$ 是 A 和 B 的复合。这个复合法则给出对模糊表现的三段论法的扩张的基础。

进一步说，“若 A 则 B (if A then B)”这个模糊条件命题的意义是明显的，这是由于把它看为“若 A 则 B 否则 C (if A then B else C)”这样一个模糊条件命题的特别情形。这里的 A、B、C 都是模糊子集。

例如在“if B then C else D”这个命题中，B 认为是 X 上的模糊集合，C 和 D 是 Y 上的模糊集合，这些隶属函数以 x、λ、u 表示。就可写成：

$$\text{“if B then C else D”}=(x\times\lambda)\vee(\bar{x}\times u)$$

这里，若 $x\times\lambda(x,y)=X(x)\wedge\lambda(y)$，则“if B then C else D”为 $X\times Y$ 上的模糊子集，其隶属函数 $\psi(x,y)$ 可写成：

$$\psi(x,y)=[X(x)\wedge\lambda(y)]\vee[(1-X(x))\wedge U(y)]$$

从而这个条件命题是从 X 到 Y 的模糊关系。这时的推理法则变成下面的样子：

$$R(x)=A$$

$$\underline{R(x,y)=\text{if B then C else D}}$$

$$R(y)=x_0\circ[(x\times\lambda)\vee(\bar{x}\times u)]$$

这里 x_0 是 A 的隶属函数，“0”表示模糊关系的复合。$R(x)$ 表示模糊集合，$R(x,y)$ 表示模糊二项关系。

这样的模糊条件命题的概念给出了模糊算法，模糊过程，模糊理论的基础。

三、模糊语言和模糊文法

逻辑学与语言、文字、文法密切相关，模糊逻辑处理的是模糊现象和模糊关系，就必然要牵涉模糊语言和模糊文法。

1．自然语言的模糊性

科学的发展要求语言向规范化、精密化的方向发展，科学术语要单义化也已成为一种趋势；与电子计算机进行人机对话更不能模糊不清，模棱两可。但是自然语言（指社会上、日常生活中习惯使用的语言，不包括数学语言）却多数是模糊的。

语言所反映的客观世界是无限丰富多样的，客观事物是无穷无尽的，而人的主观认识能力却是有限的，为了克服这种矛盾，人们在长期的社会实践中，逐渐创造一种富有弹性的、简约化的语言形式来表达丰富的思想，因为对每一个事物如果都单独给一个名称，语言就会非常臃肿累赘，不适宜作为交际工具，所以采取了用有限的单位来刻划无限的事物的办法。这样就使自然语言必然带有模糊性，当然这种模糊性并不影响日常生活中的思想交流，例如“高”“矮”都是表示高度，“春”“秋”都是表示季节，这些用语虽有一定的模糊性，但并不模糊到根本分辩不清的程度。而且语言的使用都是在一定的环境中进行的，人们一般可从言语环境和上下文中弄清词语的含义。甚至日常生活中根本不需要使用精确的词语，例如人们决不会说，“我弟弟身高 1 米75，姐姐身高 1 米 6，弟弟比姐姐高 0.15 米”，而只会说“我弟弟比姐姐高”。要别人到会场上去找一个人也只需要使用模糊性

的语言，如高个子、大耳朵、大胡子，决不需要告诉他找的人是身高 1 米 8 ，耳长 7 厘米，胡子多少根等。

语言词汇和语法现象的模糊性质还表现在语言中有很多词语难以给以精确的释义，以及有些过渡现象，如“走”和“跑”没有明确的界限。如果以速度来解释，慢跑并不比竞走快，而在成语“奔走相告”中，“走”有跑的意思在内。词和词素、俗语、自由词组的界限都是不分明的，有很多相互转化的过程，这种过渡和转化现象也都是语言模糊性的表现。

数学语言与自然语言相结合形成的科学语言，使人的认识的模糊性大为改善。但是社会现象的复杂性大大超越了现存数学工具的能力（数学对于社会现象要么缺乏现存的手段，要么极其大量的计算工作使人不能胜任），因而社会科学的基本语言仍然是自然语言，从而也是不够精确的。甚至社会科学中所使用的概念，总结出来的规律也常常具有描述语言本身带来的模糊性。

2. 形式语言与模糊语言

随着计算机的产生和发展，形式语言得到充分的重视并日益趋于完善。但是能为电子计算机所接受的形式的精确性与自然语言的模糊性是截然对立的。为了沟通这两类语言，就得在形式语言中引入随机性，产生随机语言，或者是引入模糊性，产生模糊形式语言。1976 年查德将模糊性引入形式语言。

自从 1948 年申农用熵来定义信息量，特别是后来辛钦又建立了信息量的公理化体系，就形成了纯粹信息量的概念。但是与自然语言是模糊的（如年青、暖和，粉红等）一样，信息量也常是模糊的（如很高、迅速上升、稍微增加一些等），这样在人机对话时就无法用形式语言来一一对应。目前工程语言的研究正着重于解决语义的形式化问题，但是将来还必须进一步解决关于修辞问题和语言模糊性的问题。如果说第三代电子计算机的翻译工作是重着解决语义形式化的问题，那么很可能第四代是解决修辞问

题，第五代是解决语言模糊性问题，这样就为人机对话开辟更为广阔的天地。

人们在认识自然界的过程中，往往由于量变的中断、突变、飞跃，而伴随着认识的错误和对错误的修正。如果电子计算机能识别模糊语言，模糊文法，运用模糊逻辑来近拟地模拟人的思维活动，包括电子计算机作出判断时也允许错误和对错误作不断的修正，必将进一步扩大电子计算机代替人的部分思维活动的能力。

3. 模糊语言

形式语言是把单词序列化，并用这样的序列来说明对象。但是词的序列与对象的集合之间不仅存在着一种一一对应的明确形式，而且往往还有某种模糊关系，所以模糊语言的概念要比历来的形式语言具有更广泛、更一般的意义，更加接近自然语言。

模糊语言是这样一个五元素体(图 7-16)。

$$FL=(X、T(x),U、G、M)$$

（X）代表变量名称，$T(x)$ 代表语言真值，U代表论域，G代表语法规则，M代表语义规则）

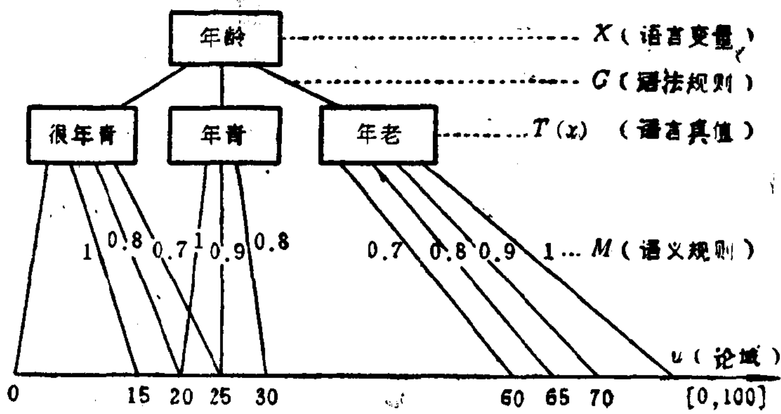


图 7-16 模糊语言

4. 模糊文法

文法是语言的有穷表示，由文法G产生的语言记为 $L(G)$。

形式文法都由四元素构成：$G=(V_N、V_T、P、S)$，其中V_N表示非终结符集，V_T表示终止符集，P表示生成式集(生成规则)，S表示开始符号。

例如图 7-17

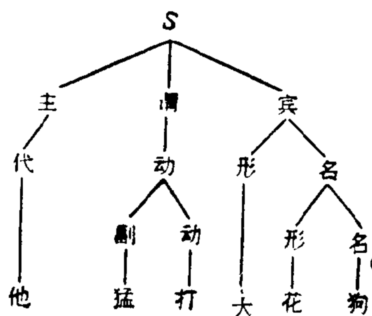


图 7-17 模糊文法示例

模糊文法是由五元素组成：$\underset{\sim}{G}=\{V_T、V_N、P、S、f\}$这五个项，每项都可以是模糊的，但在应用中最重要的是将生成式P模糊化。f是映射，表示对每个生成式都给一个隶属度，隶属度的特点是半开，0不于考虑，生成式写成 $P:(\alpha \xrightarrow{f} \beta)$

文法产生语言要推导，在数学上是进行一系列的迭代(一行一行代)，直到出现有终止符号的行为止。所以模糊文法可以看成是产生一个模糊语言的一组规则。

由文法产生语言的推导过程是：

$$L(G)=\{x|x\in V_T^*,S\Rightarrow^* x\}$$

由模糊文法集产生的模糊语言是模糊集合：

$$L(\underset{\sim}{G})=\{(x,\mu_G(x)|x\in V_T^*,\mu_G(x)\bigvee_{AS\Rightarrow^{**}}\bigwedge_i f(\alpha_i-\beta_i)\}$$

规定 $S\Rightarrow^* x$ 不存在时 $\mu_G(x)=0$。

从 S 到 x 的一系列推导叫推导链。

$$S \Rightarrow x_1 \Rightarrow x_2 \Rightarrow \cdots\cdots \Rightarrow x_k \Rightarrow x。$$

凡是推不的出隶属度都是 0 。

推导的具体过程是先找出可能的推导链，对链中每一环节的隶属度取小，得到此推导链的隶属度，再对所有的链的隶属度取大，就得到所求语言在模糊语言中的隶属度

例：已知： $\underset{\sim}{G}=(V_T、V_N、P、s、f)$

$$V_T=\{a,b\} \qquad V_N=\{S,A,B\}$$

$$P=\{S \xrightarrow{0.5} AB,\ S \xrightarrow{0.8} A, S \xrightarrow{0.8} B, A \xrightarrow{0.5} a,$$

$$A \xrightarrow{0.6} b, B \xrightarrow{0.4} A, AB \xrightarrow{0.4} BA, B \xrightarrow{0.2} a\}$$

求 $\mu_G(a,b)$在模糊语言中的隶属度

解：共有 4 条可能的推导链：

$r_1 \quad S \overset{0.5}{\Rightarrow} AB \overset{0.4}{\Rightarrow} BA \overset{0.2}{\Rightarrow} aA \overset{0.6}{\Rightarrow} ab$ 　　取小 $\mu_{r_1}(a,b)=0.2$

$r_2 \quad S \overset{0.5}{\Rightarrow} AB \overset{0.5}{\Rightarrow} ab \overset{0.4}{\Rightarrow} aA \overset{0.6}{\Rightarrow} ab$ 　　$\mu_{r_1}(a,b)=0.4$

$r_3 \quad S \overset{0.5}{\Rightarrow} AB \overset{0.4}{\Rightarrow} AA \overset{0.5}{\Rightarrow} aA \overset{0.6}{\Rightarrow} ab$ 　　$\mu_{r_3}(a,b)=0.4$

$r_4 \quad S \overset{0.5}{\Rightarrow} AB \overset{0.4}{\Rightarrow} BA \overset{0.4}{\Rightarrow} AA \overset{0.5}{\Rightarrow} aA \overset{0.6}{\Rightarrow} ab$ 　　$\mu_{r_4}(a,b)=0.4$

对所有推导链的隶属度取大得： $\mu_{\underset{\sim}{G}}(a,b)=0.4$ 亦即此语言在模糊文法中的隶属度是 0.4。在形式语言中只问$\{a,b\}$在不在文法中，找得到推导链就在，找不到就不在，它只回答哪些止符串在文法，哪些不在。而模糊文法则不是简单地得出在与不在，而是回答属于此文法的隶属度是多少。

如果两种文法产生出的语言是相同的，那么这两种文法是等价的。　$G_1 \cong G_2 \Leftrightarrow L(G_1)=L(G_2)$。

文法的类型共有四种，类型不同生成式也不同。

(1) 0 型文法——图灵机

这是一种规则不加任何限制的语法，又称短语结构文法。

(2) 1 型文法——线性有界自动机

又称上下文有关文法，

(3) 2 型文法——后进先出自动机

又称上下文无关文法

(4) 3 型文法——有限自动机

又称正规文法

将这类文法模糊化，就分别得到 0 型模糊文法，1 型模糊文法，2 型模糊文法和 3 型模糊文法。

0 型模糊文法仍是不加限制的，仅由于生成式P不同而产生不同的模糊文法

1 型模糊文法，是推导中出现 $\omega_1 A\omega_2\to\omega_1\beta\omega_2$ $A\in V_N$ $\omega_1\omega^2$ $\beta\in V^*$。其变化要受上下文($\omega_1\omega_2$)的限制。

2 型模糊文法是$A\to\beta$，A在什么位置无关，碰到变量A就可代入β。

3 型模糊文法是$A\to aB, A\to a$ $B\in V_N$ $a\in V_T$

在这几种类型的文法中，3 型是 2 型的特例，2 型是 1 型的特例。1 型是 0 型的特例。例如 $\omega_1\omega_2$是 λ(空)时，2 型就与 1 型相同。

1973 年时模糊数学应用中，运用取 λ 截水平集的方法，得到 n 重模糊文法的结果。在实际应用中，碰到的文法多数是 1 型语言，而在电子计算机上实现时，2 型比较容易。模糊数学得到的 n 重模糊文法就可以做到采用 2 型文法而得 1 型文法的结果，n 重模糊文法比普通模糊文法更为有力。

四、模糊逻辑的应用

模糊逻辑的应用领域主要在模式识别、决策分析和模糊系统控制领域中。日本的村山(Murayama)等也曾将模糊逻辑用于船舶部件的故障诊断，获得成果。④

模式识别是人们进行任何工作都需要运用的一种智能。例如一个人去看病，决不会走到图书馆去，而是走进某一医疗单位，这就是运用了模式识别，要使电子计算机，模拟人脑的思维活动、具有一定的智能的一个重要环节就是模式识别，机器没有模式识别的能力就是一个瞎子。

常用的模式识别有两大类：一、匹配法。二、结构法。匹配法是根据已有存贮信息对输入的新信息进行对号入座式的识别。这方种法，问题一复杂就不能实现。结构式的模式识别是找出基元（将模式分解成简单对象即子模式的组合，然后对子模式再不断分解，直到分出最简单的模式基元）和法则（基元间相互构成的特点）。基元相当于语言中的终止符，法则相当于语言中的顺序性、生成式。对电子计算机输入基元和法则后，它就能据此对新输入的信息进行模式识别。

结构式模式识别的各种方法中，目前最有效的是句法式模式识别，也就是用形式语言作工具，利用语言和文法进行逻辑推理，然后作出判断。

但在模式识别中经常会出现两类问题，一类是错误输入，一类是基元的边缘不清。前一类问题可用适当改变、扩充原有程序（文法集合）来解决。后一类问题就要运用模糊数学、模糊逻辑来解决。办法是将基元模糊化。

以从一类四边形中找出矩形为例。就是以最小的矩形的边及其走向作为基元，$\overset{a}{\rightarrow}\uparrow b\overset{c}{\longleftarrow}\downarrow d$ 以及一定的文法：$V_N=\{SAB\}$，$P=\{S\rightarrow aABd, A\rightarrow aAA, B\rightarrow BBd, AB\rightarrow BA, Ad\rightarrow Cd, AC\rightarrow Cc, aB\rightarrow ab, bB\rightarrow BB\}$，则 $L(G)=\{a^nb^mc^ndm|n,m=1,2\cdots\}$，所以只要造一个文法，使其产生的语言的终止符是 $abcd$ 即可。

如果问题是要找出近似矩形的四边形，那就要将基元模糊化，如图 7-18。对所给的 a,b,c,d 都给一个隶属度

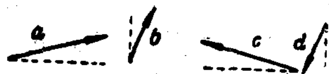


图 7-18 四边形基元的隶属度

$\rho_1 = 1 - |ma|$　　$|ma| \leqslant 1$　ma 为 a 的斜率

$\wedge$

设　e_0x表示 e 和 x 的正向夹角，

如果　　$-\frac{\pi}{4} \leqslant \hat{e_0x} \leqslant \frac{\pi}{4}$　　则$e \to a$　（e 归入 a 类）

$\frac{\pi}{4} \leqslant \hat{e_0x} \leqslant \frac{3}{4}\pi$　则 $e \to b$

$\frac{3}{4}\pi \leqslant \hat{e_0x} \leqslant \frac{5}{4}\pi$　则 $e \to c$

$\frac{5}{4}\pi \leqslant \hat{e_0x} \leqslant \frac{7}{4}\pi$　则 $e \to d$

$0 \leqslant \rho_1 \leqslant 1$

$\rho_3 = 1 - |m_c|$　$|m_c| \leqslant 1$　　mc 为 c 的斜率

$\rho_2 = 1 - \frac{1}{|mb|}$　$|mb| \geqslant 1$　mb 为 b 的斜率

$\rho_4 = 1 - \frac{1}{|md|}$　$|md| \geqslant 1$　md 为 d 的斜率

在运算时又要将基元的模糊化转移到生成式，使生成式模糊而基元不模糊，如：

$S \xrightarrow{\rho_2 \wedge \rho_4} aABd$，　$aB \xrightarrow{\rho_2} ab$，　$bB \xrightarrow{\rho_1} bb$，

$AC \xrightarrow{\rho_3} cc$，　$Ad \xrightarrow{\rho_4} cdc$

这样就形成模糊文法，对应地产生模糊语言，所得果结中近似程度最差的，作为不近似矩形而筛去。

美籍华人李(E.T.Lee)将此种方法用于细胞与染色体的几何图形识别中效果显著。⑤此外，运用模糊集合理论和模糊逻辑的原

理于识别手写体文字和条码也都取得了成果。

在气象预报、地震预报的决策中，过去全依靠经验，目前由于运用模糊数学，模糊逻辑的原理，可以在已有经验的基础上，将自然语言表述的经验翻译成数学语言，然后运用模糊数学的方法确定隶属函数来处理，如气象学中以模糊聚类划分天气过程，以模糊多元综合作天气气候分析，以模糊识别来区分天气类型，以模糊语言来表述天气术语等已行之有效。

在情报、信息检索中运用模糊逻辑也可以大大压缩情报、信息检索过程的等待时间。模糊情报检索系统是用关键词（如：题名、作者、出版社、出版年月、期刊名、文摘等）来检索文献，这种方法不要求读者对所需要的文献提出任何线索，只要用几个关键词来描述文献内容所涉及的范围，就能得到所需的有关文献资料。应用模糊子集合作为关键词检索文献进行分类的数学模型，找每篇文章对这子集合的隶属函数。完全符合的是1，无关的是0，其他在(0,1)开区间。确定一个水平值，例如0.5，那么隶属度超过0.5的文章都会由计算机检探出来。

这种情报、信息检索也只有运用模糊逻辑才能实现。一个检索过程实际上可看作在搜索要求和信息条款之间的匹配过程。设d是一个解说符，x是一个信息条款，可以计算命题“x具有d”（在命题演算中证为P）真值（记为$V(P)$）。

一个解说符实质上是一个综合信息内容的指示代码，由于解说符的本性，使得综合只是综合对象的一种近似。人脑把信息编码成标识，它就形成原始材料的一个近似关系。所以信息检探的逻辑不可能是二值逻辑，甚至不是多值逻辑，而只能是具有模糊真假和模糊联接词的模糊逻辑。

我们将“很”、“完全”、“非常”，“多少有点”等词汇，称之为“境界”。在语言表达中，境界可以看作模糊集上的算子；人们可以运用“浓缩”(Concentration)和“稀释”(dilatation)

等算子：

$$CON(x)=x^2, DLL(x)=X^{0.5}$$

例如　　　　“很”对$=CON$(对)=(对)^2

真值可考虑为语言变量(模糊子集),其值可取诸如：“对”、“很对”、完全对”、“多少有点对”、“不很对”、“不对”等等，且可用数值来表示。

在逻辑计算中，一个信息条款的假说是指一个公式，即一个组合的命题。例如“黄的”、“温暖的”、“很不固定的”等，我们用 p、q,r 分别表示这些命题，可以约定：

$T(p)=$“很对”，

$T(q)=$“对”，

$T(r)=$“不对”

那么，

$T(p\vee q)=T(p)\vee T(q)=$“很对”$\vee$“对”，

如此等等。如果我们给定关于对的隶属函数，那么就能够计算关于“很对”的隶属函数(即(“对”)^2)，这样我就可以计算有上述命题的所有值。

在工程技术科学中，控制理论最接近于模拟人的逻辑思维过程，所以模糊数学、模糊逻辑在控制理论中的效用也是特别明显的。

控制论的发展时间虽不长，也已有了三个阶段：一、以维纳为代表的经典控制（40 年代到 60 年代）主要是采取频率法，数学模型是传递函数，适用于单输入和单输出；二、采用状态空间法、状态方程的现代控制论，适用于多输入多输出；三、模糊控制。在现实生活，生产过程中，有些控制对象是时变的、非线性的复杂系统，如炼钢、化工、人文系统、经济系统、医学心理系统等，都无法获得精密的数学模型，而只能运用模糊控制。这几种控制方法各有利弊，要根据具体对象，选用不同的控制方法。

模糊控制是把人的经验归纳成为用定性描述的一组条件语句，然后利用模糊数学工具把它定量化，使控制器得以接受人的经验，模仿人的逻辑思维过程进行控制、操作。

1974年英国科学家麦达匿(E.H.Mamdani)第一次提出模糊控制的设想，对加热炉进行简单的模糊控制。

模糊控制的设想是将工人的操作经验总结成一些规则，即建立一个模糊数学模型，然后，找出一种模糊关系，实现模糊控制，其框图如图7-19。

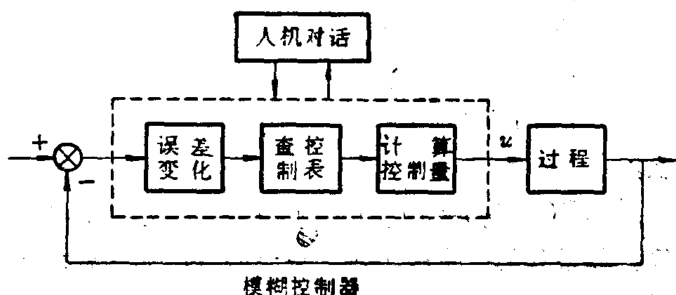


图 7-19 模糊控制

首先是将观察到的误差转化为模糊量，即用模糊语言表达语言值（偏差值），例如分成下列五种：

正大　正小　零　负小　负大

PB　*PS*　*O*　*NS*　*NB*

然后将控制对象的变化范围适当分档，例如将不同的变化状态分成：−3、−2、−1、0、+1、+2、+3七个档，也就是论域$U=\{-3、-2、-1、0、+1、+2、+3\}$

这样就可找到每个模糊变量U在不同误差等级的隶属度。

从表7-11中就找到了误差变化等级。然后根据语言控制规则（工人经验的总结）去找模糊关系。

表 7-11 模糊变量在不同误差等级的隶属度

误差 e \ 隶属度 \ 等级	-3	-2	-1	0	$+1$	$+2$	$+3$
PB_e						0.5	1
PS_e					0.5	1	
O_e			0.5	1	0.5		
NS_e		0.5	1				
NBe	1	0.5					

语言控制规则如：

若 e 负大则 U 正大或
若 e 负小则 U 正小或
若 e 零　则 U 零　或
若 e 正小则 U 负小或
若 e 正大则 U 负　大

if	NB_e	NS_e	O_e	PS_e	PB_e
then	PB_U	PS_U	O_U	NS_U	NB_U

找出关系 $U \xrightarrow{\tilde{R}} V$

$$\tilde{R}=(NB_e\times PB_U)\cup(NS_e\times PS_U)\cup(O_e\times O_U)$$
$$\cup(PS_e\times NS_U)\cup(PB_e\times NB_U)$$

这式可简化成图 7-20



图 7-20 模糊语言控制

找出关系后，从表上找到适当的模糊集合还要经过一些方法（取最大隶属度法或中位数法或加权平均）筛取出最优的控制数据，然后才作用于对象，完成一次模糊控制，其框图见图 7-21。

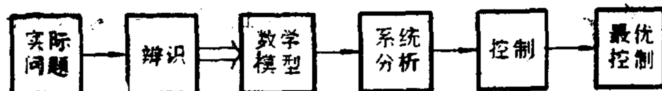


图 7-21 模糊控制框图

近年来研究成功的自组织模糊控制器(Self - organiging Fuzzy Controller)是一种具有自组织、自学习能力的语言控制器。其控制既不依赖于过程的数学模型，又不要求预先设计良好的控制规则。这种自组织控制器采用局部准则对控制规则进行修正，改善输出性能。即在每次采样时，均由性能测量环节将测得的输出性能与希望的输出性能作比较，根据输出的偏差变化来确定输出校正量，然后根据规则修改算法对控制规则加以修正。多次修正后，控制器内的控制规则越来越完善，系统的输出性能越来越接近希望的输出性能。实际上这个过程也是多次归纳、演绎的模糊推理过程。简单模糊控制器的框图见图 7-22。

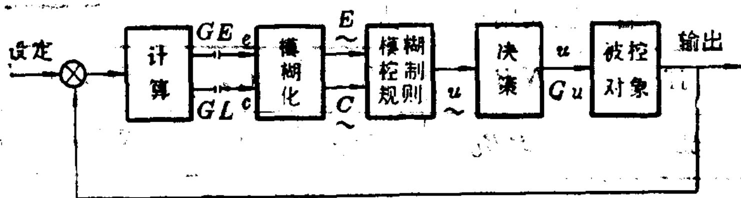


图 7-22 模糊控制器框图

五、模糊逻辑的发展前景

人们都公认：数学科学尚未发展出一个能描述变迁结构里所发生事情的公式结构，但是毫无疑问这种描述动态情报的数学公

式结构是会出现的。模糊数学和模糊逻辑的出现和发展，无疑是对这种描述动态情况的数学结构的构造工作的一个推动。

模糊数学与模糊逻辑并不是把本来精确的认识弄模糊，而是用数学的精确语言作工具去尽量近似地描述、反映客观存在的模糊现象和关系。

模糊性事物虽然没有绝对的界限，但它还是有相对的标准、相对的合理性的，例如黑与白之间虽然没有绝对的分明界限，但决不会发生把雪说成是黑的这种情况。但是模糊性中又是允许存在主观性的。隶属度这个思想是人类在实践中早就形成了的，例如采茶姑娘将茶叶顺手分成不同的等级是因为在她脑中已有隶属度（分档）的思想。不过对模糊事物进行分档的界限又是因人而异的，所以是主观的。承认一定的主观性是模糊性的一个特点，然而人们心目中的界限又形成一定的分布，有一定的规律，在模糊数学中反映了这样的分布规律，因而它又是客观的，模糊性正是这种主观与客观统一的反映。

由于人类认识史、科学史发展的要求，逻辑学必然从形式逻辑走向辩证逻辑，从数理逻辑走向多值逻辑、模糊逻辑……。

但是，迄今为止，对模糊逻辑的了解是很不相同的。盖恩斯(B.R.Gainess)在《Foundation of Fuzzy Reasoning》一文中认为所谓模糊逻辑有以下三种情况：（一）指用含混(Vague)或不精确(imprecise)的语句所进行的推理；（二）指在[0.1]区间上取真值的多值逻辑；（三）指用模糊集对逻辑结构的模糊情况的处理，用模糊语言所进行的推理。盖恩斯还认为，就运用模糊命题来进行模糊推理来说，并没有必要用一种统一的模糊逻辑来作为基础，我们甚至还不知道是否只有一种唯一的模糊逻辑。⑥

不论模糊逻辑今后的发展情况如何，它已为辩证逻辑的形式化、数学化开辟了一条道路。而且它本身是有着广阔前景的一种逻辑，正如模糊集合论与康托尔的经典集合论相比，是一种有着

0012520

广阔前景的集合论一样。查德认为："在即将到来的年代，我相信近似推理和模糊逻辑将发展为一个重要领域而变成研究哲学、语言学、心理学、社会学、管理学、医学诊断、判别分析以及其它领域的新方法的基础。与此同时，我们同样也会看到古典逻辑基础上的模糊集数学理论的许多重要发展，将对纯粹以至应用数学做出显著贡献。"⑦

注：

①L•A.Zadeh,IEEC Transactions on System, Man and Cybernetics, SMC-3 (1973)28.

②L.A.Zadeh：Forward,《模糊数学》，1981年1期。

③《应用数学与计算数学》1981年，第4期。

④村山雄二朗，寺野寿朗：あいまい论理な用ソ异常诊断，システムと制御，24(1980),719－725。

⑤E.T.Lee：An Application of Fuzzy Sets to the Classification of Geometric Figures and Chromosome Images, in US-Japan Seminar on Fuzzy Sets and their Application, 1974。

⑥王雨田：《弗晰（模糊）逻辑及其若干理论问题》，《全国逻辑讨论会论文选集(1979)》，第439页。

⑦L.A.Zadeh：《Fuzzy set Theory：A Perspective》in M.M. Gupta etc, (eds.), Fuzzy Automata and Decision Processes, 1977,3－4。

B811
9
0323180

[General Information]
书名=辩证逻辑与科学方法论
作者=潘宇鹏著
页数=430
SS号=10258182
DX号=
出版日期=1987.07
出版社=西安：西安交通大学出版社

书名
前言
目录
第一章 绪论
第一节 逻辑学的研究对象及逻辑学简史
一、逻辑学的研究对象
二、辩证逻辑产生以前的逻辑学概况
第二节 辩证逻辑是人类认识史、科学发展史的必然产物
一、唯理论与经验论之争
二、从行而上学复归到辩证法
三、辩证唯物主义的建立为辩证逻辑奠定了理论基础
四、近代自然科学的发展对人类思维方法的影响
第三节 辩证逻辑的研究对象和内容
一、辩证逻辑的对象、内容、特征
二、辩证逻辑和形式逻辑
第四节 辩证逻辑是最一般的科学方法论
一、任何逻辑学都是方法论
二、学习辩证逻辑的意义
第二章 思维规律与存在规律是一致的
第一节 马克思主义的思维观
一、思维是物质高度发展的产物、是人脑的机能
二、思维是存在的反映
三、思维的特点
四、理性与悟性(知性)
第二节 辩证逻辑的出发点是自然界和精神的统一
一、主观和客观的统一
二、事物本身的规律与科学规律
第三节 辩证法、认识论、逻辑的统一
一、两个三者统一
二、辩证逻辑与辩证法、论认论的区别和联系
第三章 辩证逻辑的思维形式
第一节 形式逻辑思维形式的作用和局限性
一、形式逻辑关于思维形式的论述
二、形式逻辑思维形式在科学研究中的作用
三、形式逻辑的局限性

第二节 形式逻辑思维形式的辩证运用
一、思维是统一的人类思维
二、形式逻辑思维形式的辩证运用是建立辩证逻辑体系的第一步
三、概念的辩证运用及其科学方法论意义
四、判断的辩证运用及其科学方法论意义
五、推理的辩证运用及其科学方法论意义
第三节 辩证思维所特有的思维形式及其科学方法论意义
一、近代科学的发展进一步证明存在有辩证思维特有的思维形式
二、范畴
1. 逻辑范畴
2. 作为辩证思维形式的范畴
3. 范畴的结构
4. 范畴的科学方法论意义
三、悖论
1. 本体论悖论、语义悖论和数理逻辑悖论
2. 作为辩证思维形式的悖论
3. 悖沦的科学方法论意义
四、理论
1. 作为辩证思维形式的理论
2. 假说
3. 理论这种思维形式在认识科学发展规律中的作用
4. 理论这种思维形式在创造工程中的作用
第四章 辩证逻辑的思维规律
第一节 辩证思维有其独有的规律
第二节 对形式逻辑规律的辩证理解和运用
一、形式逻辑的基本规律
二、黑格尔和恩格斯对形式逻辑基本规律的评述和改造
三、近代科学的发展要求冲破形式逻辑基本规律规定的范围
四、辩证逻辑的规律是对形式逻辑规律的扬弃
第三节 思维形式与思维内容的对立统一
一、思维形式与思维内容的关系
二、思维形式与思维内容的对立统一是辩证逻辑的思维规

律
第四节 否定之否定是辩证逻辑的基本规律
一、肯定和否定
二、否定之否定规律统帅认识的整个过程
三、否定之否定规律在科学研究中的作用
第五节 辩证逻辑的思维规则
第五章 辩证逻辑的思维方法
第一节 思维活动的纵向剖析和横向剖析
第二节 归纳与演绎的统一
一、演绎法及其方法论意义
二、归纳法及其方法论意义
三、归纳与演绎的统一
第三节 分析与综合的统一
一、分析法及其方法沦意义
二、综合法及其方法论意义
三、分析与综合的统一
第四节 抽象与具体的统一
一、认识方法中的抽象和具体
二、从抽象上升到具体的逻辑方法
三、抽象和具体相统一的方法论意义
第五节 历史与逻辑的统一
一、历史的认识方法和逻辑的认识方法
二、历史的方法与逻辑的方法的辩证关系
三、历史与逻辑相统一的方法论意义
第六章 实践在辩证逻辑中的地位和作用
第一节 人类对实践的认识
一、什么是实践
二、马克思主义实践观的形成与发展
三、科学实践
第二节 实践的范围和作用是随着人类的认识和科学的发展而发展的
第三节 实践的历史的检验与逻辑证明
一、检验认识的真理性标准
二、逻辑证明的作用
三、历史的实践是检验认识的真理性的标准

第七章 逻辑学和辩证逻辑的数学化与形式化
第一节 逻辑学的数学化与形式化
一、逻辑学也有一个精确性的问题
二、符号化的作用
三、逻辑思维的形式化是实现人机对话的关键
第二节 逻辑学和数学
一、逻辑就是计算
二、数学与逻辑学的关系
三、形式逻辑与辩证逻辑的关系与常量数学与变量数学的关系相对应
第三节 数理逻辑为形式逻辑的数学化、形式化问题的解决开辟了道路
一、数理逻辑产生的历史背景
二、数理逻辑在实现逻辑学的形式化、数学化方面的作用
三、数理逻辑的方法论意义及其局限性
第四节 辩证逻辑的形式化、数学化问题
一、关于“不协调逻辑”的研究
二、从二值逻辑到多值逻辑
三、制约逻辑为逻辑学的数学化另辟蹊径
四、模糊逻辑为辩证逻辑的数学化、形式化开辟了一条道路
第五节 模糊逻辑
一、模糊数学与模糊逻辑的产生
二、模糊逻辑的主要内容
三、模糊语言和模糊文法
四、模糊逻辑的应用
五、模糊逻辑的发展前景